

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada:

Doc.dr.sc. Milan Kostelac

Tomislav Mihalj

Zagreb, 2012.

Sažetak rada:

Tema rada je „**Poklopac otvora u armirano betonskoj temeljnoj ploči**“. Rad se sastoji od proračuna, te crteža konstrukcije. Cilj konstrukcije je mehanička zaštita od pada radnika u građevinsku jamu. Jama koja se zaštićuje je dimenzije 6 x 3m. Kada je jama zatvorena, na zaštitni poklopac se mora moći parkirati kamion mase s teretom 40t. Pretpostavka ja da se radi o kamionu s tri osovine.

U radu prvo krećemo s dimenzioniranjem okvira čelične konstrukcije. Okvir se sastoji od UNP i I profila, te ploče koja se uzduž UNP profila zavaruje, a druge dvije strane su slobodno oslonjene. Okvir, odnosno cijela konstrukcija se sastoji od tri djela kako bi ju bilo moguće prevesti na gradilište. Svaki dio se sastoji od četiri UNP profila koja su međusobno zavarena po dva sa svake strane, a između njih su smješteni I profili koji se zavaruju za njih, te gore još dolazi ploča.

Sljedeći korak je dimenzioniranje kotača. U tom koraku prvo proračunamo opterećenje oslonca po Andeeovoj metodi, te izaberemo tračnicu i kotač za vožnju. Kotači su smješteni u UNP profilima.

Zatim se provodi provjera stabilnosti konstrukcije, zavari UNP i I profila, te provjera zavora i svornjaka na spoju djelova.

Zadnji korak proračuna je rješavanje pogonskog mehanizma. Pogonski mehanizam je riješen preko zupčaste letve smještene na UNP profilima i zupčanika koji se preko reduktora spajaju na elektromotor. Proračun se vrši tako da se prvo odredi brzina vožnje konstrukcije, a dalje prema tome se odabiru elektromotor, reduktor, zupčanik i zupčasta letva.

Na kraju tekstualnog djela se nalazi pravila kojih se treba držati u svrhu zaštite na radu.

Poslje tekstualnog djela dolaze potrebni crteži sklopova i djelova.

Sadržaj:

Popis slika	4
Popis tablica	5
Popis oznaka	6
1. DIMENZIONIRANJE OKVIRA	8
1.1. Operećenje	8
1.2. Gazeće površina kotača	8
1.3. Proračun okvira konstrukcija	9
1.3.1. Proračun ploče	10
1.3.2. Proračun I-profila	13
1.3.3. Proračun UNP-profila	15
1.3.4. Ukupni progib konstrukcije	18
2. PRORAČUN KOTAČA	19
2.1. Proračun opterećenja oslonca	19
2.2. Odabir tračnice i kotača	20
2.3. Provjera nosivosti kotača	21
2.4. Proračun vratila kotača	23
2.5. Odabir ležaja	25
3. PROVJERA KONSTRUKCIJE	26
3.1. Provjera stabilnosti konstrukcije na podizanje usljed opterećenja	26
3.2. Provjera zavora spoja UNP i I profila	28
3.3. Provjera zavora spoja UNP profila i bočne pločice	30
3.4. Provjera zavora bočne pločice i prihvata	30
3.5. Provjera svornjaka na spoju dva djela	31
4. POGONSKI MEHANIZAM	32
4.1. Provjera brzine vožnje	33
4.2. Provjera momenta	33
4.3. Provjera zupčanika	34
5. ZAŠTITA NA RADU	35
Literatura	36

Popis slika:

<i>Slika 1: Opterećenje.....</i>	<i>6</i>
<i>Slika 2: Opterećeni kotač.....</i>	<i>6</i>
<i>Slika 3: Duljina stranice gazeće površine kotača.....</i>	<i>7</i>
<i>Slika 4: Gazeća površina zadnjeg kotača.....</i>	<i>7</i>
<i>Slika 5: Okvir.....</i>	<i>7</i>
<i>Slika 6: Djelomično kontinuirano opterećena ploča.....</i>	<i>8</i>
<i>Slika 7: Opterećenje djela ploče.....</i>	<i>8</i>
<i>Slika 8: Opterećenje djela ploče.....</i>	<i>9</i>
<i>Slika 9: Opterećenje grede.....</i>	<i>11</i>
<i>Slika 10: Opterećenje grede.....</i>	<i>12</i>
<i>Slika 11: Prvi slučaj, simetrično opterećenje.....</i>	<i>13</i>
<i>Slika 12: Drugi slučaj opterećenja kada je zadnji kotač na sredini nosača.....</i>	<i>14</i>
<i>Slika 13: Treći slučaj opterećenja kada su zadnji kotači nesimetrično postavljeni.....</i>	<i>15</i>
<i>Slika 14: Ukupni teorijski progib konstrukcije (0 označava neopterećenu razinu).....</i>	<i>16</i>
<i>Slika 15: Opterećena konstrukcija zadnjim kotačima kamiona.....</i>	<i>17</i>
<i>Slika 16: Oblik tračnice.....</i>	<i>18</i>
<i>Slika 17: Oblik kotača.....</i>	<i>19</i>
<i>Slika 18: Opterećenje vratila kotača.....</i>	<i>21</i>
<i>Slika 19: Oblik idealnog vratila.....</i>	<i>21</i>
<i>Slika 20: Oblik idealnog i stvarnog vratila.....</i>	<i>22</i>
<i>Slika 21: Najnepogodniji slučaj opterećenja po pitanju stabilnosti.....</i>	<i>24</i>
<i>Slika 22: Isprekidanom linijom je prikazan pomaknuti oblik konstrukcije.....</i>	<i>24</i>
<i>Slika 23: Opterećenje djela 3.....</i>	<i>24</i>
<i>Slika 24: Opterećenje djela 2.....</i>	<i>25</i>
<i>Slika 25: Opterećenje djela 1.....</i>	<i>25</i>
<i>Slika 26 : Zavari I-profila.....</i>	<i>26</i>
<i>Slika 27: Zavar bočne ploče.....</i>	<i>28</i>
<i>Slika 28: Zavar prihvata.....</i>	<i>28</i>
<i>Slika 29: Svornjak</i>	<i>29</i>

Popis tablica:

<i>Tablica 1</i>	<i>Mjere tračnice prema slici 14.....</i>	<i>18</i>
<i>Tablica 2</i>	<i>Mjere profila kotača u mm.....</i>	<i>19</i>
<i>Tablica 3</i>	<i>Vrijednosti koeficijenta k_1.....</i>	<i>20</i>
<i>Tablica 4</i>	<i>vrijednosti koeficijenta k_2.....</i>	<i>20</i>
<i>Tablica 5</i>	<i>Vrijednosti koeficijenta k_2.....</i>	<i>20</i>

Popis oznaka:

w - progib

F - sila

D - fleksijska krutost ploče

E - modul elastičnosti

ν - Poissonov koeficijent

w_{dop} - dopušteni progib

w_{max} - maksimalni progib

m_p - ukupna masa ploče

m_l - ukupna masa I profila

σ_{max} - maksimalno naprezanje

M_{max} - maksimalni moment

W - moment otpora

R_e - granica tečenja

S – faktor sigurnosti

m_{UNP} - ukupna masa UNP profila

k_1 - koeficijent materijala

k_2 - koeficijent brzine vožnje

k_3 - koeficijent vremena rada

p_D - dozvoljeni pritisak

b_t - korisna širina glave tračnice

σ_{fzav} - naprezanje na savijanje u zavaru

M_f - moment savijanja u zavaru

W_{zav} - ukupni moment otpora u zavaru

I_{zav1} - moment tromosti zavara

e - najveća udaljenost presjeka od promatrane osi

τ_{zav} - smično naprezanje zavara

A_{zav} - površina zavara

p_v, p_u - tlakovi kod svornjaka

p_{dop} - dopušteni tlak

P_v - snaga za vuču

F_v - vučna sila

v - brzina vožnje

η - iskoristivost

F_p – sila pokretanja

t_p - vrijeme pokretanja

P_n - nominalna snaga

F_n - nominalna sila

i - prijenosni odnos

ω_m - brzina vrtnje elektromotora

v_{st} - stvarna brzina vožnje

σ_{fdop} - dopušteno naprezanja na savijanje

σ_{Hdop} - dopušteno naprezanje na Hertz-ov pritisak

F_t - obodna sila na zupčaniku

Y_{F1} - faktor oblika zupčanika

Y_ϵ - faktor učešća opterećenja

$K_{F\alpha 1}$ - faktor raspodjele opterećenja

Z_M - faktor utjecaja materijala

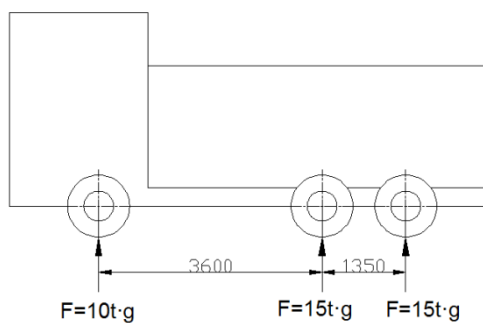
Z_H - faktor oblika boka

Z_ϵ - faktor utjecaja stupnja prekrivanja

$K_{H\alpha}$ - faktor raspodjele opterećenja

1. DIMENZIONIRANJE OKVIRA

1.1 Opterećenje



Slika 1 Opterećenje

Ukupna masa vozila s teretom: 40t
 opterećenje zadnjih osovina: 15t
 opterećenje prednjih osovina: 10t

1.2 Gazeća površina kotača

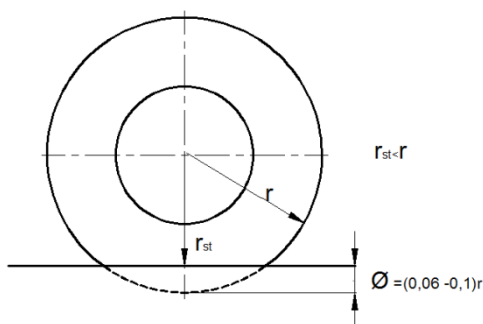
Dimenzije kotača: 315/80 R22,5

radijus naplatka: $R = 0,5 \cdot 22,5'' = 11,25'' = 285,75 \text{ mm}$ (1''=25,4 mm)

širina gume: $B = 315 \text{ mm}$

visina profila gume: 80% $\rightarrow B \quad H_G = 315 \cdot 0,8 = 252 \text{ mm}$

radijus neopterećenog kotača: $r = R + H_G = 285,75 + 252 = 537,75 \text{ mm}$

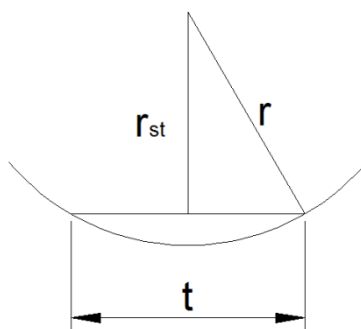


Slika 2 Opterećeni kotač

$$r_{st} = r - \varnothing r = 537,75 - 0,06 \cdot 537,75 = 505,485 \text{ mm} \quad \text{prema [1]}$$

Za deformaciju gume odabirem $\varnothing=0,06 \text{ mm}$ kao najnepovoljniji slučaj

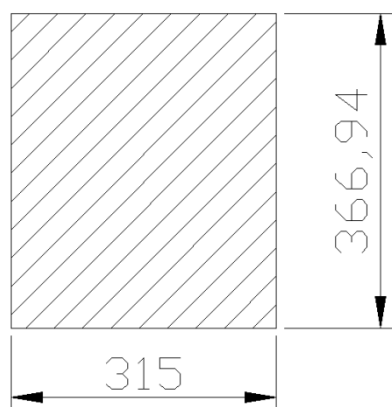
Napomena: na zadnjim osovina su dupli kotači



Slika 3 Duljina stranice gazeće površine kotača

$$\frac{t}{2} = \sqrt{r^2 - r_{st}^2} = \sqrt{537,75^2 - 505,485^2} = 183,47 \text{ mm}$$

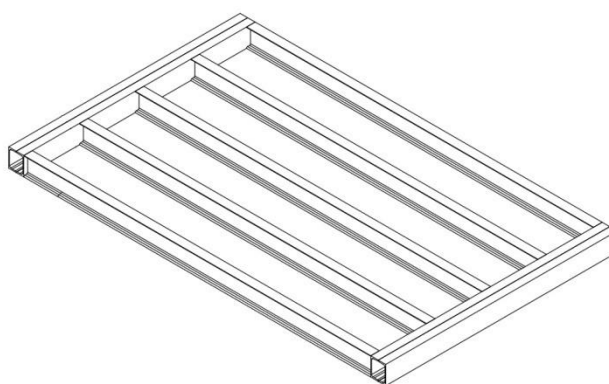
$$t = 2 \cdot \frac{t}{2} = 2 \cdot 183,47 = 366,94 \text{ mm}$$



Slika 4 Gazeća površina zadnjeg kotača

1.3 Proračun okvira konstrukcije

Okvir će se sastojati od uzdužnih **UNP profila**, te poprečnih **I profila**, te ploče koja dolazi na te profile (Slika 5).



Slika 5 Okvir

1.3.1 Proračun ploče

Proračun ploče će se vršiti kao da je ploča slobodno oslonjena na svim stranicama radi dodatne sigurnosti, iako će se dvije stranice zavarivati, te će to dodatno ukrutiti ploču.

Dimenzije ploče cca. 3000 x 2000 mm

Dimenzije djela ploče koji se proračunava: 3000 x 407,5 mm

Progib ploča

jednadžba za progib slobodno oslonjene ploče prema [2]

$$w = \frac{16 F}{\pi^6 D_{uv}} \sum_m \sum_n \frac{\sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b}}{mn \left(\frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right)^2} \cdot \sin \frac{m\pi \xi}{a} \cdot \sin \frac{n\pi \eta}{b} \cdot \sin \frac{m\pi u}{2a} \cdot \sin \frac{n\pi v}{2b} \quad (1)$$

w - progib [mm]

F - sila [N]

u, v - stranica površine na kojoj djeluje sila [mm]

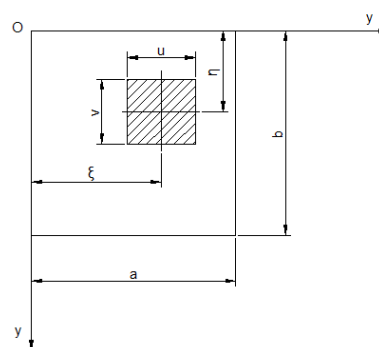
a, b - stranice ploče [mm]

m, n - broj redova (za ovaj proračun uzimamo da je to 1)

D - fleksijska krutost ploče

x, y - koordinate progiba [mm]

ξ, η - koordinate sile [mm]



Slika 6 Djelomično kontinuirano opterećena ploča

$$D = \frac{Eh^3}{12(1 - \nu^2)}$$

$E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$ - modul elastičnosti

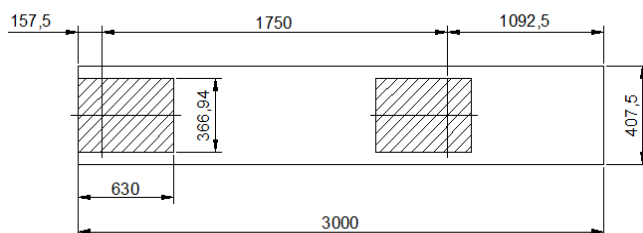
$\nu = 0,3$ - Poissionov koeficijent

$h = 10 \text{ mm}$ - debljina ploče

$$D = \frac{210\,000 \cdot 10^3}{12(1 - 0,3^2)} = 19230769,23 \text{ Nmm}$$

Analizirat ćemo dva slučaja, te za dimenzioniranje odabrati nepovoljniji

Slučaj 1



Slika 7 Opterećenje djela ploče

Za ploče $w_{\text{dop}} = \frac{h}{5}$ prema [3], str. 203

$F = 7,5t \cdot g = 7,5 \cdot 9,81 = 73575 \text{ N}$ - sila na jednom paru duplih kotača

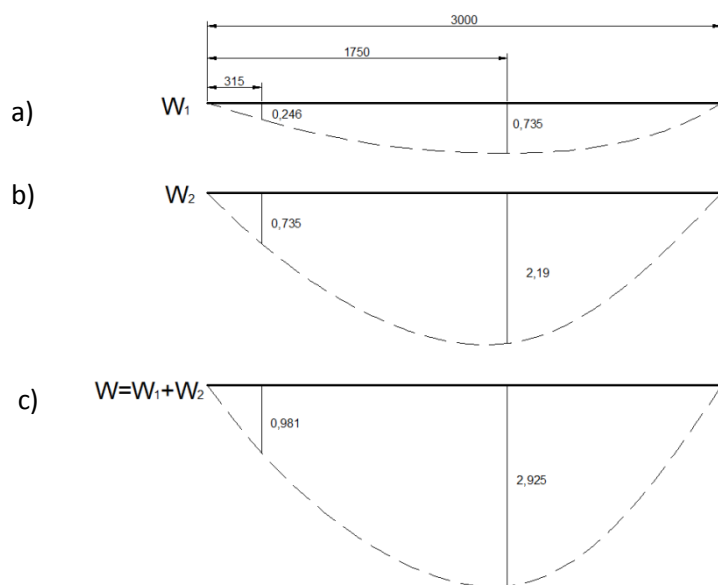
dimenzije ploče i gazeće površine:

$$\begin{aligned} u &= 630 \text{ mm} & a &= 3000 \text{ mm} \\ v &= 366,94 \text{ mm} & b &= 407,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

koordinate sile F :

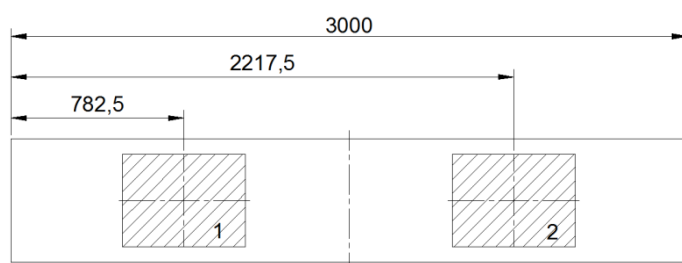
$$\begin{aligned} \xi_1 &= 315 \text{ mm} & \xi_2 &= 1750 \text{ mm} \\ \eta_1 &= 203,75 \text{ mm} & \eta_2 &= 203,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Uvrštavanjem ovih izraza u jednađbu (1) uz $y = 203,75 \text{ mm}$ dobivamo progibe ovisne o koordinati x .



Dijagram 1 a) progib ploče usljed opterećenja gazećom površinom 1
b) progib ploče usljed opterećenja gazećom površinom 2
c) ukupni progib, superpozicija prva dva

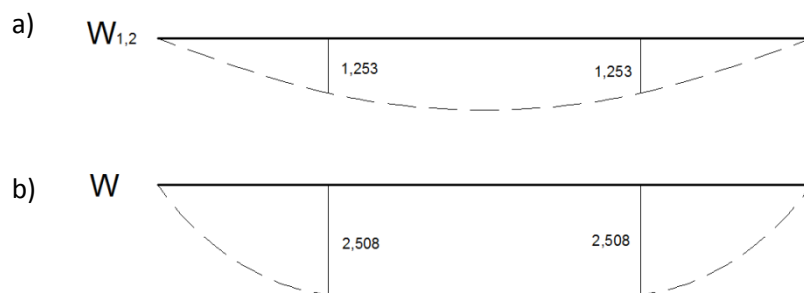
Slučaj 2



Slika 8 Opterećenje djela ploče

$$\xi_1 = 782,5 \text{ mm} \quad \xi_2 = 2217,5 \text{ mm}$$

Analogno prvom slučaju dobivamo:



Dijagram 2 a) progib usljed opterećenja gazećom površinom 1 i 2 (pojedinačno)
b) superpozicija dvaju progiba

Iz dijagrama progiba vidimo da je Slučaj 1 nepogodniji, stoga njega uzimamo kao relevantnog

Iz *Dijagrama 1* vidimo da je:

$$w_{\max} = 2,925 \text{ mm} > w_{\text{dop}} = 2 \text{ mm}$$

Ploča debljine 10 mm **NEZADOVOLJAVA** uvjet krutosti !

Uzimamo ploču debljine $h = 12 \text{ mm}$, te analognim postupkom dobivamo:

$$w_{\max} = 1,693 \text{ mm} < w_{\text{dop}} = 2,4 \text{ mm}$$

Ploča debljine 12 mm **ZADOVOLJAVA** uvjet krutosti !

Izabrana je ploča debljine $h = 12 \text{ mm}$

masa ploče:

$$m_p = a \cdot b \cdot m = 2 \cdot 3 \cdot 94,2 = 565,2 \text{ kg}$$

m_p - ukupna masa ploče [kg]

a - duljina ploče [m]

b - širina ploče [m]

m - masa ploče po površini [kg/m^2], prema [4], str. 586

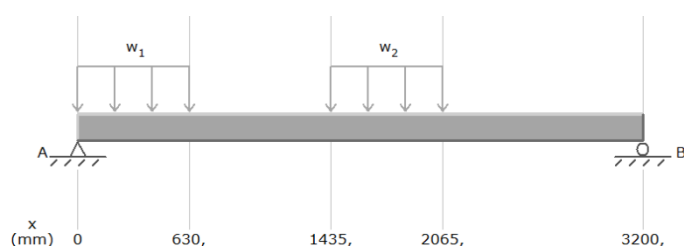
1.3.2 Proračun I-profila

Analogno kao i kod ploče i za I-profil imamo ista dva slučaja opterećenja, te stoga uzimamo nepogodniji koji odgovara Slučaju 1, i dodatno ćemo provjeriti slučaj kada je opterećenje u sredini.

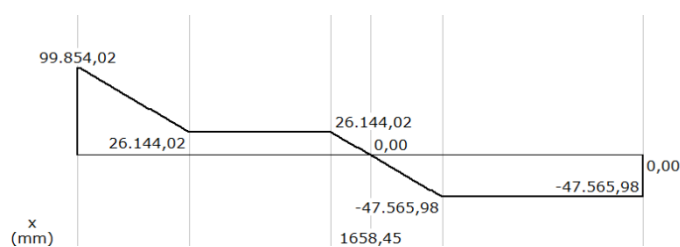
Za grede $w_{\text{dop}} = \frac{h}{10}$ prema [3]

Slučaj 1

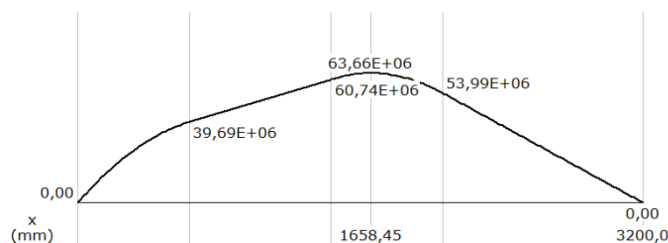
$$w_1 = w_2 = q = \frac{F}{630} = \frac{73575}{630} \approx 117 \text{ N/mm}^2$$



Slika 9 Opterećenje grede

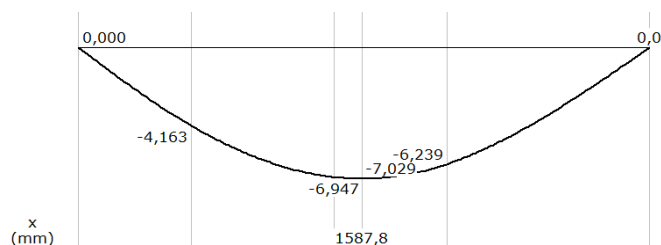


Dijagram 3 Dijagram poprečnih sila



Dijagram 4 Momentni dijagram

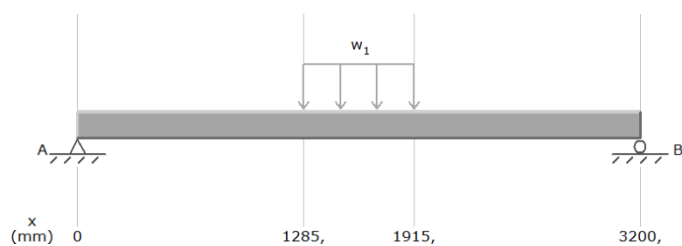
Provjera I-profila 240 (dimenzije prema [4], str. 579)



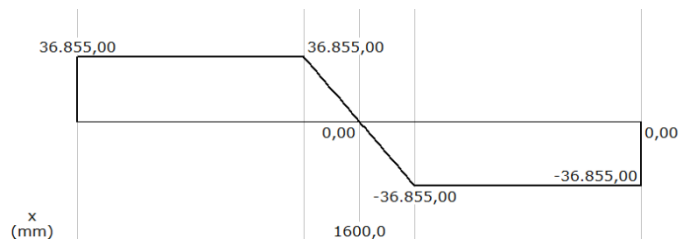
Dijagram 5 Progibi I-profila 240

$$w_{\text{dop}} = 24 \text{ mm} > w_{\text{max}} \approx 7 \text{ mm}$$

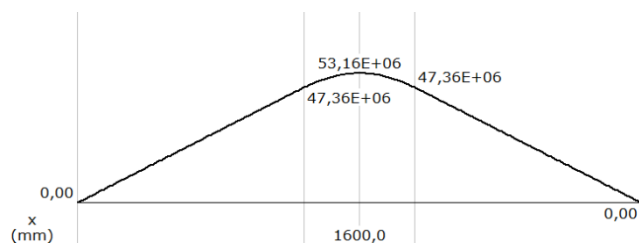
ZADOVOLJAVA !!

Slučaj 2

Slika 10 Opterćenje grede

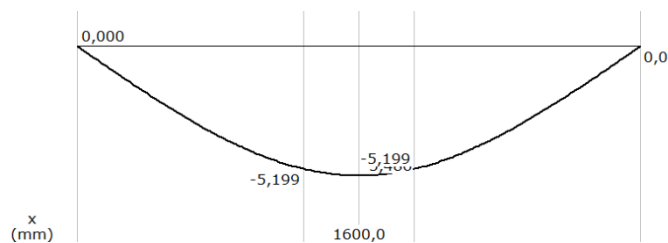


Dijagram 6 Dijagram poprečnih sila



Dijagram 7 Momentni dijagram

Provjera I-profila 240 (dimenzije prema [4], str. 579)



Dijagram 8 Progibi I-profila 240

$$w_{\text{dop}} = 24 \text{ mm} > w_{\text{max}} \approx 5,5 \text{ mm}$$

ZADOVOLJAVA !!

Ukupna masa I-profila:

$$m_I = d \cdot n \cdot m = 3 \cdot 5 \cdot 38,2 = 573 \text{ kg}$$

d - duljina profila [m]

m - masa profila po metru [kg/m], prema [4], str. 579

n - broj profila na konstrukciji

Provjera čvrstoće I-profila, prema Slučaju 1

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{64 \cdot 10^6}{354\,000} = 181 \text{ N/mm}^2$$

M_{\max} - maksimalni moment očitao iz *Dijagrama 4*

W - moment otpora prema [4], str. 579

Odabrani materijal: S 235 J (St 37-2, Č0361)

$R_e = 235 \text{ N/mm}^2$ - granica tečenja, prema [4], str. 500

$$\text{faktor sigurnosti: } S = \frac{R_e}{\sigma_{\max}} = \frac{235}{181} \approx 1,3 \quad \text{ZADOVOLJAVA !}$$

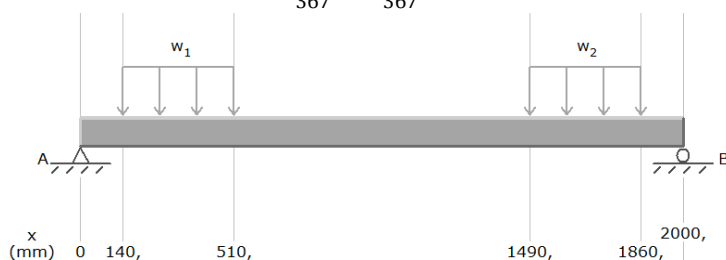
1.3.3 Proračun UNP-profila

Za UNP-profil provjerit ću tri slučaja opterećenja, te dimenzionirati prema najnepovoljnijem.

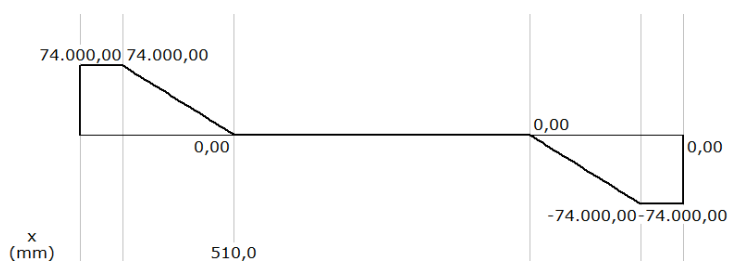
Dobušteni progib: $w_{\text{dop}} = \frac{h}{10}$ prema [3]

Slučaj 1

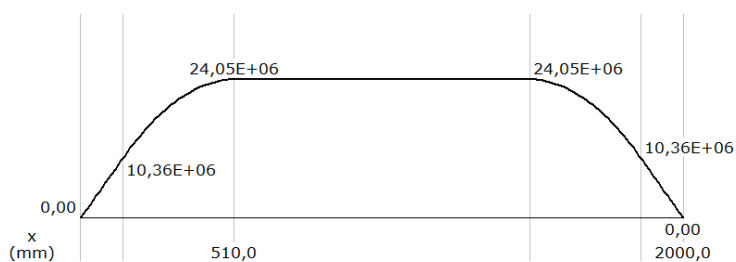
$$w_1 = w_2 = q = \frac{F}{367} = \frac{73575}{367} \approx 200 \text{ N/mm}^2$$



Slika 11 Prvi slučaj, simetrično opterećenje

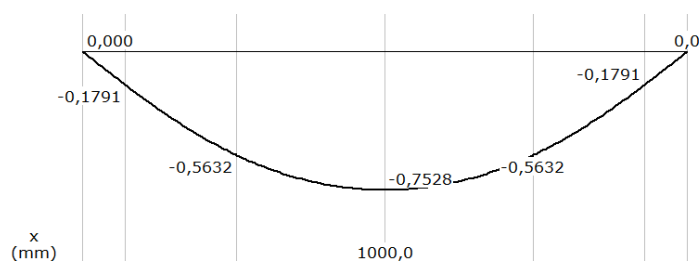


Dijagram 9 Dijagram poprečnih sila



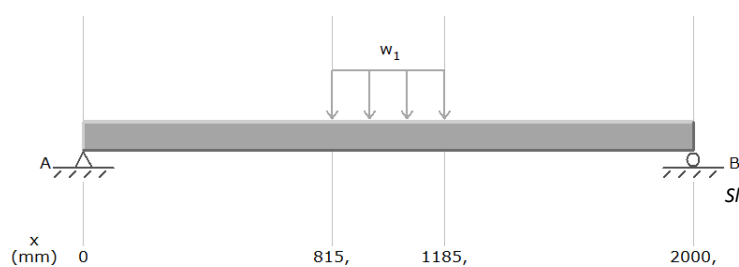
Dijagram 10 Momentni dijagram

Za UNP-profil 240 (prema [4], str.578) za Slučaj 1, progibi su:

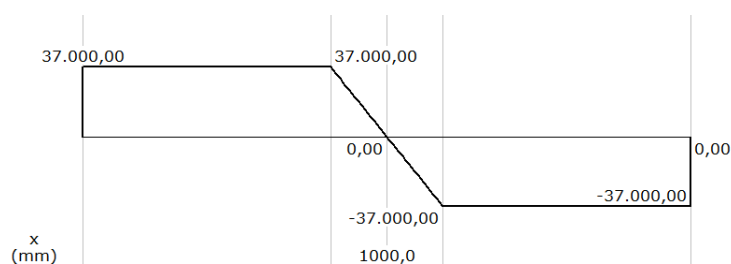


Dijagram 11 Dijagram progiba C-profila

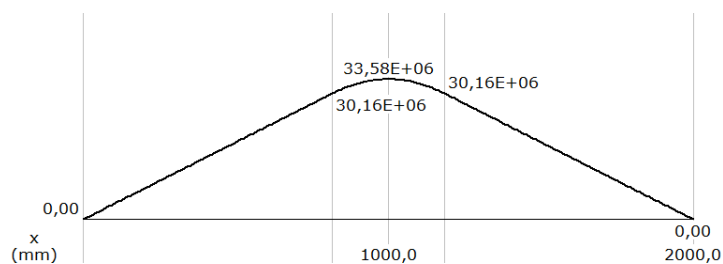
Slučaj 2



Slika 12 Drugi slučaj opterećenja kada je zadnji kotač na sredini nosača

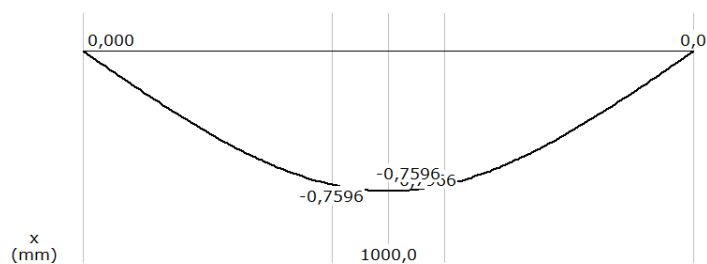


Dijagram 12 Dijagram poprečnih sila

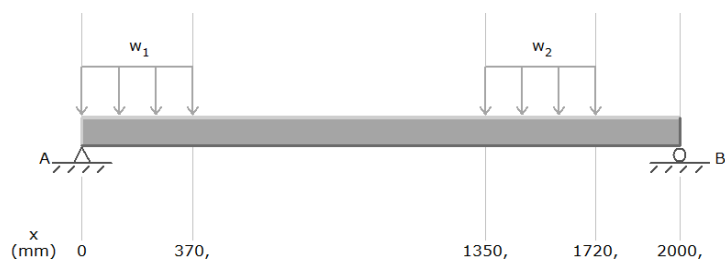


Dijagram 13 Momentni dijagram

Za UNP-profil 240 (prema [4], str.578) za Slučaj 2, progibi su:



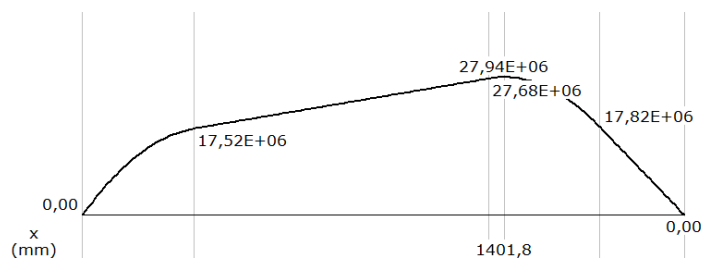
Dijagram 14 Dijagram progiba UNP-profila

Slučaj 3

Slika 13 Treći slučaj opterećenja kada su zadnji kotači nesimetrično postavljani

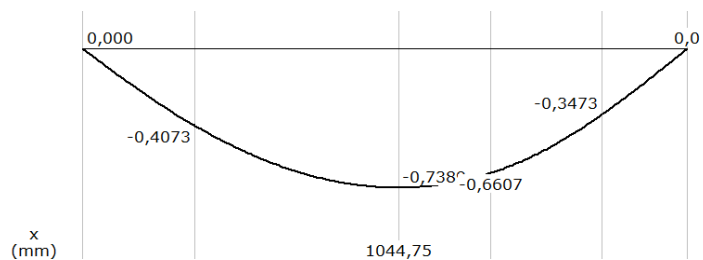


Dijagram 15 Dijagram poprečnih sila



Dijagram 16 Momentni dijagram

Za UNP-profil 240 (prema [4], str.578) za Slučaj 3, progibi su:



Dijagram 17 Dijagram progiba UNP-profila

Vidimo da je Slučaj 2 najnepogodniji slučaj:

$$w_{\text{dop}} = 24 \text{ mm} > w_{\text{max } 2} \approx 0,8 \text{ mm}$$

Provjera čvrstoće:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{33,58 \cdot 10^6}{600\,000} = 56 \text{ N/mm}^2$$

M_{\max} - maksimalni moment očitao iz *Dijagrama 13*

W - moment otpora prema [4], str. 578

Odabrani materijal: S 235 J (St 37-2, Č0361)

$R_e = 235 \text{ N/mm}^2$ - granica tečenja, prema [4], str. 500

faktor sigurnosti: $S = \frac{R_e}{\sigma_{\max}} = \frac{235}{56} \approx 4,2$ **ZADOVOLJAVA !**

Ukupna masa:

$$m_{UNP} = d \cdot n \cdot m = 2 \cdot 4 \cdot 33,2 = 265,6 \text{ kg}$$

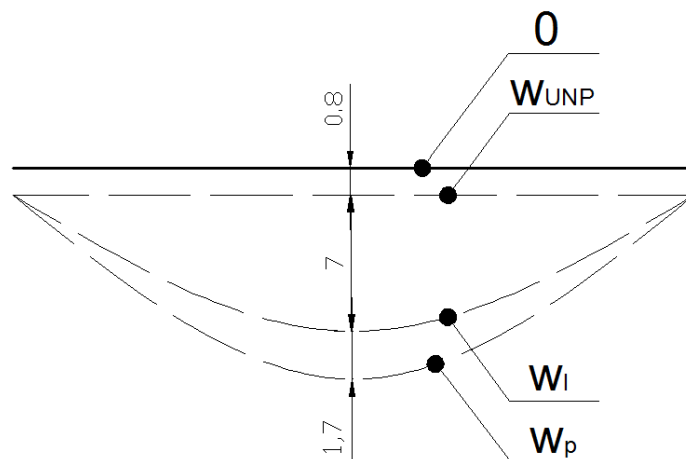
d - duljina profila [m]

n - broji profila u konstrukciji

m - masa profila po metru [kg/m]

1.3.4. Ukupni progib konstrukcije

$$w_{uk} = w_{UNP} + w_I + w_p = 0,8 + 7 + 1,7 = 9,5 \text{ mm} - \text{maksimalni teorijski progib}$$

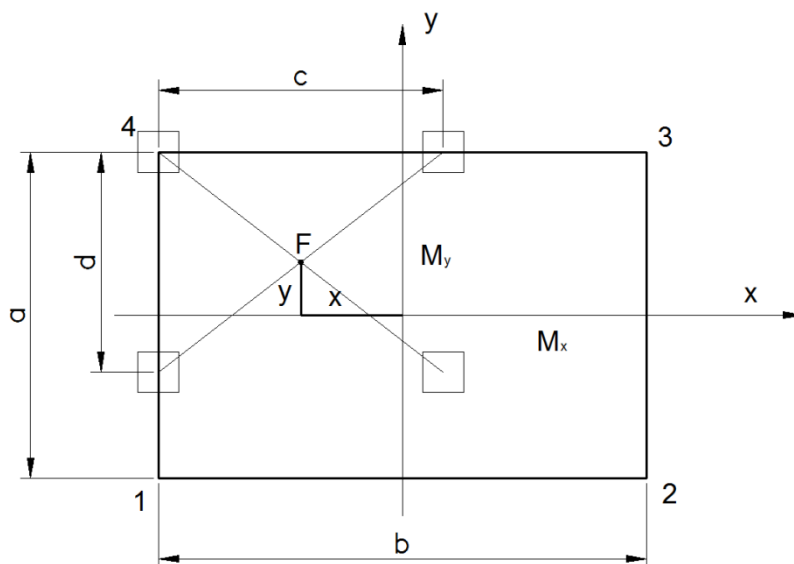


Slika 14 Ukupni teorijski progib konstrukcije (0 označava neopterećenu razinu)

2. PRORAČUN KOTAČA

2.1. Proračun opterećenja oslonca

Proračun oslonca po *Andreeovoj metodi* prema [5], str. 204



Slika 15 Opterećena konstrukcija zadnjim kotačima kamiona

$a = 1750$ mm - duljina konstrukcije (uzeti su u obzir kotači $D=250$ mm)

$b = 3000$ mm - širina konstrukcije

$c = 1750$ mm - razmak tragova kamiona

$d = 1350$ mm - zadnji međuosovinski razmak

$$y = \frac{a}{2} - \frac{d}{2} = \frac{1750}{2} - \frac{1350}{2} = 200 \text{ mm} - \text{koordinata sile } F$$

$$x = \frac{b}{2} - \frac{c}{2} = \frac{3000}{2} - \frac{1750}{2} = 625 \text{ mm} - \text{koordinata sile } F$$

$M_x = -y \cdot F$ - moment oko osi x usljed sile F

$M_y = -x \cdot F$ - moment oko osi y usljed sile F

Opće jednadžbe za sile u oslancima prema *Andreeovoj metodi*:

$$F_{3,2} = \frac{F}{4} \mp \frac{M_x}{a} \cdot \frac{\frac{b}{2} - x}{b} + \frac{M_y}{2b}$$

$$F_{4,1} = \frac{F}{4} \mp \frac{M_x}{a} \cdot \frac{\frac{b}{2} + x}{b} - \frac{M_y}{2b}$$

Rezultati:

$$F_1 = 0,25F - \frac{200}{1750} \cdot \frac{1500+625}{3000} F + \frac{625}{6000} F + 0,25G = 0,273F + 0,25G$$

$$F_2 = 0,25F - \frac{200}{1750} \cdot \frac{1500-625}{3000} F - \frac{625}{6000} F + 0,25G = 0,113F + 0,25G$$

$$F_3 = 0,25F + \frac{200}{1750} \cdot \frac{1500-625}{3000} F - \frac{625}{6000} F + 0,25G = 0,179F + 0,25G$$

$$F_4 = 0,25F + \frac{200}{1750} \cdot \frac{1500+625}{3000} F + \frac{625}{6000} F + 0,25G = 0,435F + 0,25G$$

$$F = m_{kz} \cdot g = 30\,000 \cdot 9,81 = 294\,300\,N$$

m_{kz} - masa kamiona prenesena preko zadnje dvije osovine [kg]

$$G = (m_p + m_l + m_c) \cdot g = 1403,8 \cdot 9,81 \approx 13\,770\,N$$

m_p - masa ploče [kg]

m_l - masa I-profila [kg]

m_c - masa C-profila [kg]

$$F_1 \approx 87\,200\,N$$

$$F_2 \approx 40\,200\,N$$

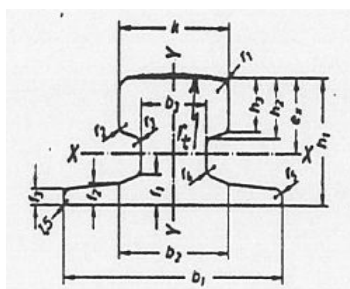
$$F_3 \approx 60\,000\,N$$

$$F_4 \approx 135\,000\,N$$

Ovakav raspored tereta je najnepogodniji za određeni kotač, to je kotač koji predstavlja oslonac 4, stoga silu F_4 uzimamo kao relevantnu silu pri odabiru kotača.

2.2. Odabir tračnice i kotača

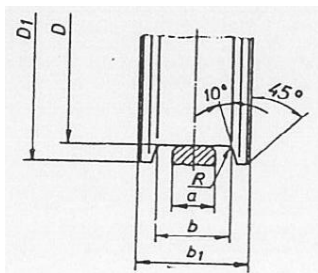
Odabir tračnice i kotača, prema [5], str. 216



Slika 16 Oblik tračnice

Tablica 1 Mjere tračnice prema slici 14

Oznaka	širina glave	b ₁	b ₂	b ₃	f ₁	f ₂	f ₃	h ₁	h ₂	h ₃	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	presjek	masa	moment inercije	položaj težišta	moment otpora	moment inercije	moment otpora	Stara oznaka	r _t
k																A cm ²	z kg/m	J _x cm ⁶	e _x cm	W _x cm ³	J _y cm ⁶	W _y cm ³		
A 45	45 125	54	24	14,5	11	8	55±1	24	20	43	4	5,4	28,3	22,2	91	3,31	27,5	169	27,0	KS 22				400
A 55	55 150	66	31	17,5	12,5	9	65±1	28,5	25	48	5	6,5	40,7	32,0	182	3,88	43,9	337	44,9	KS 22				400
A 65	65 175	78	38	20	14	10	75±1	34	30	65	5	6,5	55,4	43,5	327	4,44	73,7	609	69,6	KS 43				400
A 75	75 200	90	45	22	15,4	11	85±1	39,5	35	86	6	8,6	72,1	58,6	545	5,00	109	1010	101	KS 56				500
A 100	100 200	100	60	23	16,5	12	95±1,5	45,5	40	106	6	8,6	95,6	75,2	888	5,21	170	1360	136	KS 75				500
A 120	120 220	120	72	20	20	14	105±1,5	55,5	47,5	106	10	10,6	129,0	101,3	1430	5,70	249	2370	215	KS101				600
A150	150 220	-	80	31,5	-	14	150±1,5	64,5	50	107	10	10,6	191	150	4373	7,73	-	-	-	-	-	-	-	800



Slika 17 Oblik kotača

Tablica 2 Mjere profila kotača u mm

Nazivni promjer D	D_1	b	b_1	R	a najviše	
					most	vitlo
200	230	60	90	5	40	50
250	280	60	90	5	40	50
315	350	105	150	10	70	80
400	440	105	150	10	70	80
500	540	115	165	10	75	90
630	680	115	165	10	75	90
710	760	155	205	10	100	120
800	850	155	205	10	100	120
900	950	155	205	10	100	120

Odabrana tračnica i kotač:

TRAČNICA: **A 55**

KOTAČ: **215**

2.3. Provjera nosivosti kotača – prema [5] str. 217

$$F_k \leq k_1 k_2 k_3 p_D D b_t$$

$F_k = F_4 = 135\,000\text{ N}$ - maksimalna sila na kotaču

k_1 - koeficijent materijala, prema *Tablici 3*

k_2 - koeficijent brzine vožnje, prema *Tablica 4*

k_3 - koeficijent vremena rada, prema *Tablici 5*

$p_D = 5,6\text{ N/mm}^2$ - dozvoljeni pritisak, prema [1]

$D = 250\text{ mm}$ - nazivni promjer kotača

$b_t = k - 2r_1 = 55 - 2 \cdot 5 = 45\text{ mm}$ - korisna širina glave tračnice

$k = 55\text{ mm}$ - širina glave, iz *Tablice 1*

$r_1 = 5\text{ mm}$ - zaobljenje rubova tračnice, iz *Tablice 2*

Koeficijent materijala

Tablica 3 Vrijednosti koeficijenta k_1

Materijal; min $R_m, N/mm^2$		k_1
tračnica	kotač	
590	≤ 330	0,5
	410	0,63
	490	0,8
	590	1,0
≥ 690	≥ 740	1,25

Odabran je $k_1 = 1,3 \rightarrow$ kotač i tračnicu ćemo kaliti

Koeficijent brzine vrtnje

Tablica 4 vrijednosti koeficijenta k_2

Broj okret. točka u min.	5	10	20	25	31,5	40	50	63	80	100
k_2	1,17	1,13	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,82

Brzina vožnje: $v = 0 \text{ m/s}$

$k_2 = 1,3 \rightarrow$ konstrukcija će biti najviše opterećena u mirovanju

Koeficijent vremena rada

Tablica 5 Vrijednosti koeficijenta k_3

Pogonska grupa	k_3	Vrijeme rada u 1 satu, %
1 - laka	1,25	do 16
	1,12	16...25
2 - srednja	1	25...40
3 - teška	0,9	40...63
4 - vrlo teška	0,8	> 63

Pogonska grupa –laka $\rightarrow k_3 = 1,3 \rightarrow$ tijekom tog opterećenja rad se ne vrši

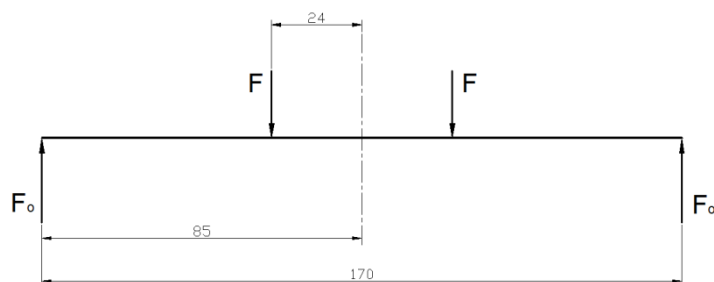
$$F_k \leq k_1 k_2 k_3 p_D D b_t = 1,3 \cdot 1,3 \cdot 1,3 \cdot 5,6 \cdot 250 \cdot 45 = 138\,400 \text{ N}$$

$$F_k = 135\,000 \text{ N} < 138\,400 \text{ N} \quad \text{ZADOVOLJAVA !}$$

2.4. Proračun vratila kotača

Vratilo ćemo statički proračunati, jer vratilo čitavo vrijeme miruju, te je najopterećenije u stanju mirovanja.

Vratilo će imati oslonac u UNP profilu, a na njemu će se vrtiti kotač pomoću dva ležaja.



Slika 18 Opterećenje vratila kotača

$$F = \frac{F_k}{2} = \frac{135\,000}{2} = 67\,500 \text{ N} - \text{sila koja se prenosi preko ležaja, od kotača na vratilo}$$

$$F_o = 67\,500 \text{ N} - \text{reakcijska sila u osloncu}$$

Materijal vratila: S 355 J (St 52-3, Č0562)

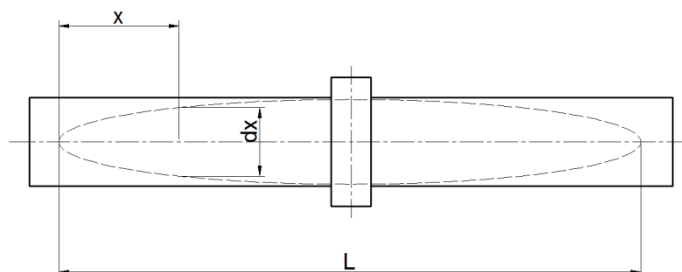
$$R_e = 335 \text{ N/mm}^2 - \text{iz [4], str. 500}$$

$$S = 1,5 - \text{sigurnost}$$

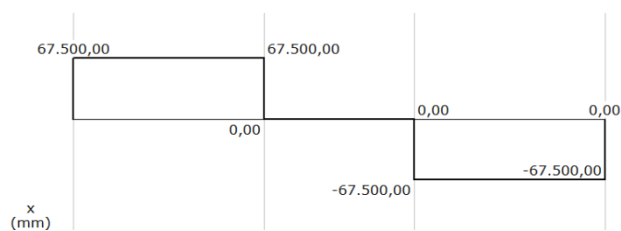
$$\sigma_{\text{dop}} = \frac{R_e}{S} = \frac{335}{1,5} \approx 223 \text{ N/mm}^2$$

Promjeri vratila u presjecima

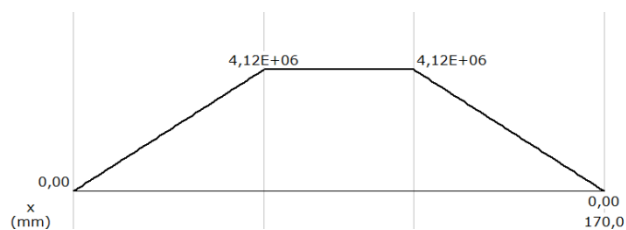
- prema jednadžbi : $d_x = \sqrt[3]{\frac{10M_x}{\sigma_{\text{dop}}}}$



Slika 19 Oblik idealnog vratila



Dijagram 18 Dijagram poprečnih sila



Dijagram 19 Momentni dijagram

Promjeri presjeka idealnog vratila

$$x_1 = 10 \text{ mm} \rightarrow d_{x1} = 31,16 \text{ mm}$$

$$x_2 = 20 \text{ mm} \rightarrow d_{x2} = 39,27 \text{ mm}$$

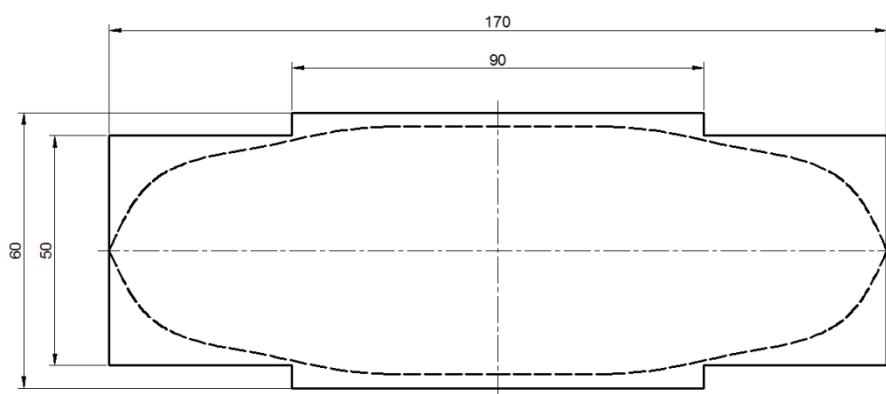
$$x_3 = 30 \text{ mm} \rightarrow d_{x3} = 44,95 \text{ mm}$$

$$x_4 = 40 \text{ mm} \rightarrow d_{x4} = 49,47 \text{ mm}$$

$$x_5 = 50 \text{ mm} \rightarrow d_{x5} = 53,29 \text{ mm}$$

$$x_6 = 61 \text{ mm} \rightarrow d_{x6} = 56,94 \text{ mm}$$

Promjeri stvarnog vratila



Slika 20 Oblik idealnog i stvarnog vratila

2.5. Odabir ležaja

- odabir ležaja prema promjeru vratila i statičkoj nosivosti

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$C_0 \geq F = 67\,500 \text{ N}$$

Odabrani ležaj: **N 22212 E** – prema [6]

$$d/D \times B = 60/110 \times 28 \text{ mm}$$

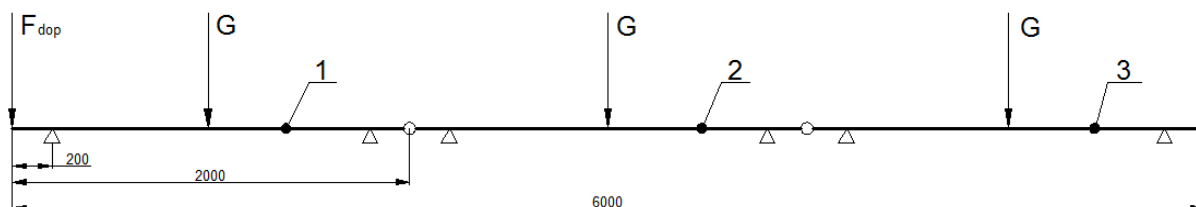
$$C = 156 \text{ kN}$$

$$C_0 = 166 \text{ Kn}$$

$$C_0 = 166\,000 \text{ N} > F = 67\,500 \text{ N} \quad \textbf{ZADOVOLJENO!}$$

3. PROVJERA KONSTRUKCIJE

3.1. Provjera stabilnosti konstrukcije na podizanje usljed opterećenja



Slika 21 Najnepogodniji slučaj opterećenja po pitanju stabilnosti

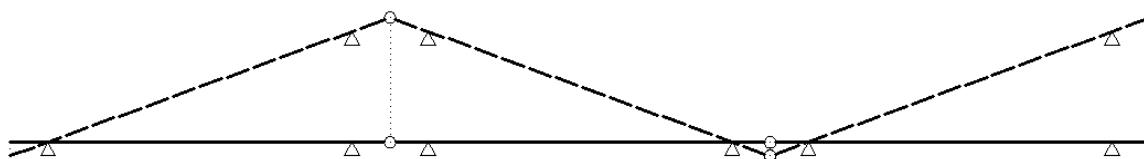
$$F_{\text{dop}} \geq F_o = 15t \cdot g \approx 150\,000 \text{ N}$$

F_{dop} - dopuštena sila kod koje neće doći do podizanja konstrukcije, [N]

F_o - opterećenje od zadnje osovine kamiona, [N]

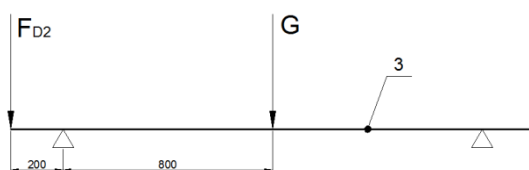
$G \approx 14\,000 \text{ N}$ - težina pojedinog djela konstrukcije

- oslonci konstrukcije predstavljaju kotače i udaljeni su od ruba 200 mm



Slika 22 Isprekidanom linijom je prikazan pomaknuti oblik konstrukcije

Dio 3

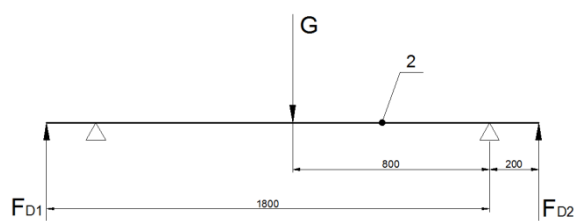


Slika 23 Opterećenje djela 3

$$F_{D2} \cdot 300 = G \cdot 700$$

$$F_{D2} = 14\,000 \cdot \frac{700}{200}$$

$$F_{D2} = 56\,000 \text{ N}$$

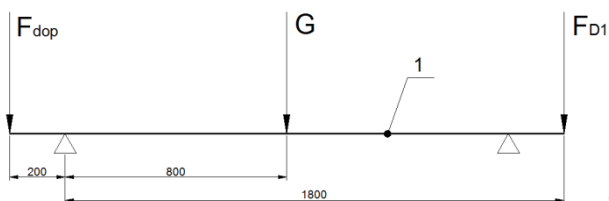
Dio 2

Slika 24 Opterećenje djela 2

$$F_{D1} \cdot 1800 = G \cdot 800 + F_{D2} \cdot 200$$

$$F_{D1} = \frac{14\,000 \cdot 800 + 32\,700 \cdot 200}{1800}$$

$$F_{D1} = 12\,400 \text{ N}$$

Dio 1

Slika 25 Opterećenje djela 1

$$F_{dop} \cdot 200 = G \cdot 800 + F_{D1} \cdot 1800$$

$$F_{dop} = \frac{14\,000 \cdot 800 + 12\,400 \cdot 1800}{200}$$

$$F_{dop} = 167\,600 \text{ N}$$

$$F_{dop} = 167\,600 \text{ N} > F_0 = 150\,000 \text{ N} \quad \textbf{ZADOVOLJAVA!}$$

3.2. Provjera zavora spoja UNP i I profila

Prilikom provjere ovog spoja postaviti ćemo opterećenje na sredinu I-profila, to je nešto blaži oblik opterećenja od najnepogodnijeg, ali ćemo zato postaviti da nam je sigurnost $S=1.3$, a silu ćemo zaokružiti na nešto veći iznos.

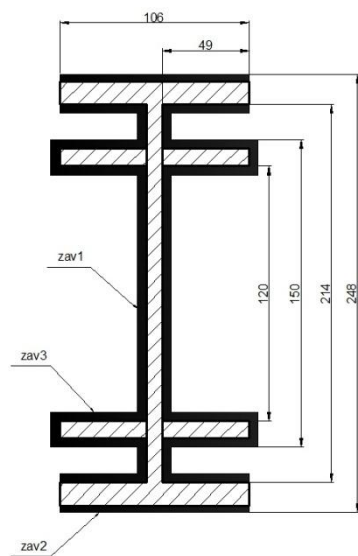
Materijal: S 235 J (St 37-2, Č0361)

$$R_e = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$S = 1,3$$

$$F = 75\,000 \text{ N}$$

Provjera zavora na savijanje



Slika 26 Zavori I-profila

$$\sigma_{fzav} = \frac{M_f}{W_{zav}} - \text{naprezanje na savijanje, [N/mm}^2\text{]}$$

$$M_f = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{75\,000}{2} \cdot \frac{3200}{2} = 60 \cdot 10^6 \text{ Nmm} - \text{moment savijanja}$$

$$W_{zav} = W_{zav1} + W_{zav2} + W_{zav3} - \text{ukupni moment otpora, [mm}^3\text{]}$$

Zavar 1

$$W_{zav1} = \frac{I_{zav1}}{e}$$

$$I_{zav1} = \frac{(2 \cdot 49) \cdot 214^3}{12} - \frac{(2 \cdot 44) \cdot 204^3}{12} \approx 18 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 - \text{moment tromosti zavora}$$

$$e = 107 \text{ mm} - \text{najveća udaljenost presjeka od promatrane osi}$$

$$W_{zav1} = \frac{18 \cdot 10^6}{107} \approx 168 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Zavar 2

$$W_{zav2} = \frac{I_{zav2}}{e}$$

$$I_{zav2} = \frac{106 \cdot 248^3}{12} - \frac{106 \cdot 240^3}{12} \approx 12,5 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$e = 124 \text{ mm}$$

$$W_{zav2} = \frac{12,5 \cdot 10^6}{124} \approx 100 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Zavar 3

$$W_{zav3/1} = \frac{I_{zav3/1}}{e}$$

$$I_{zav3/1} = \frac{(2 \cdot 44) \cdot 150^3}{12} - \frac{(2 \cdot 44) \cdot 140^3}{12} \approx 4,6 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$e = 75 \text{ mm}$$

$$W_{zav3/1} = \frac{4,6 \cdot 10^6}{75} \approx 61 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{zav3/2} = \frac{I_{zav3/2}}{e}$$

$$I_{zav3/2} = \frac{(2 \cdot 44) \cdot 120^3}{12} - \frac{(2 \cdot 44) \cdot 120^3}{12} \approx 3 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$e = 60 \text{ mm}$$

$$W_{zav3/2} = \frac{3 \cdot 10^6}{60} \approx 50 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{zav3} = W_{zav3/1} + W_{zav3/2} = 61 \cdot 10^3 + 50 \cdot 10^3 \approx 110 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{zav} = (168 + 100 + 110) \cdot 10^3 = 378 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{fzav} = \frac{60 \cdot 10^6}{378 \cdot 10^3} \approx 160 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{dop} = \frac{R_e}{S} = \frac{235}{1,3} = 180 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \sigma_{fzav} = 160 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{ZADOVOLJAVA!}$$

Provjera zavora na smik

$$\tau_{zav} = \frac{F}{A_{zav}}$$

$$F = 75\,000 \text{ N}$$

$$A_{zav} = 2 \cdot 214 \cdot 5 + 2 \cdot 106 \cdot 4 + 8 \cdot 44 \cdot 5 \approx 4750 \text{ mm}^2 - \text{presjek zavora}$$

$$\tau_{zav} = \frac{75\,000}{4750} \approx 16 \text{ N/mm}^2 - \text{smično naprezanje je daleko ispod dopuštene granice}$$

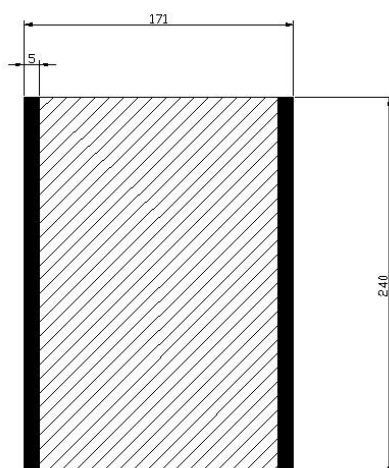
3.3. Provjera zavora spoja UNP profila i bočne pločice

Ovaj zavar provjeravamo na smik.

Materijal: S 235 J (St 37-2, Č0361)

$$R_e = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$F = \frac{F_{D2}}{2} = \frac{56\,000}{2} = 28\,000 \text{ N} - \text{sila uz sigurnost } S = 2$$



Slika 27 Zavar bočne ploče

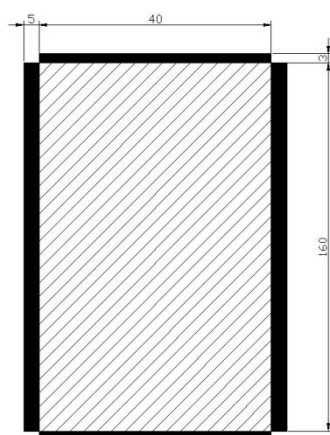
$$\tau_{zav} = \frac{F}{A_{zav}}$$

$$A_{zav} = 2 \cdot 240 \cdot 5 \approx 2400 \text{ mm}^2 - \text{presjek zavora}$$

$$\tau_{zav} = \frac{28\,000}{2400} \approx 12 \text{ N/mm}^2 - \text{smično naprezanje je daleko ispod dopuštene granice}$$

3.4. Provjera zavora bočne pločice i prihvata

Ovaj zavar također provjeravam na smik.



Slika 28 Zavar prihvata

$$\tau_{zav} = \frac{F}{A_{zav}}$$

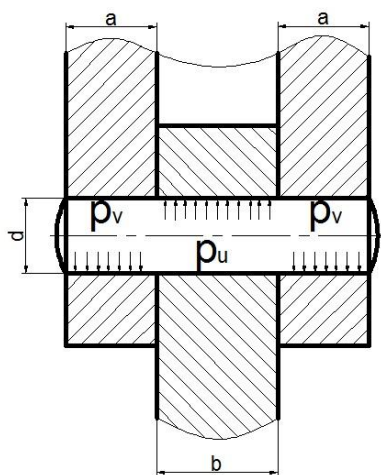
$$A_{zav} = 2 \cdot 160 \cdot 5 + 2 \cdot 3 \cdot 40 \approx 1840 \text{ mm}^2 - \text{presjek zavora}$$

$$\tau_{zav} = \frac{28\,000}{1840} \approx 15 \text{ N/mm}^2 - \text{smično naprezanje je daleko ispod dopuštene granice}$$

3.5. Provjera svornjaka na spoju dva djela, prema [7], str.171

Svornjak: $d = 30 \text{ mm}$

$F = 28\,000 \text{ N}$ - sila koja opterećuje svornjak



Slika 29 Svornjak

Tlakovi

$$p_v = \frac{F}{2a \cdot d} = \frac{28\,000}{2 \cdot 30 \cdot 30} = \frac{28\,000}{1800} \approx 16 \text{ Pa}$$

$$p_u = \frac{F \cdot S}{b \cdot d} = \frac{28\,000 \cdot 2}{40 \cdot 30} = \frac{28\,000}{1200} \approx 23 \text{ Pa}$$

Naprezanje na savijanje

$$\sigma_f = \frac{0,5F \cdot 0,5a}{0,1 \cdot d^3} = \frac{0,5 \cdot 28\,000 \cdot 0,5 \cdot 30}{0,1 \cdot 30^3} = \frac{210\,000}{2700} \approx 78 \text{ N/mm}^2$$

Naprezanje na odrez

$$\tau_a = \frac{F}{2 \cdot A} = \frac{4 \cdot 28\,000}{2 \cdot 30^2 \cdot \pi} \approx 20 \text{ N/mm}^2$$

- prema [7], str. 174, tablica 2.22., dopuštena naprezanja za materijal S 235 J su:

$$p_{dop} = 98 \text{ Pa} > p_u = 23 \text{ Pa}; \quad \sigma_{fdop} = 83 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \sigma_f = 78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}; \quad \tau_{adop} = 54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \tau_a = 20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2};$$

ZADOVOLJAVA!

4. POGONSKI MEHANIZAM

Za pogon ćemo koristiti dva elektromotora s izlazom za ručku, svaki s jedne strane kako bismo postigli ravnomjernu vožnju. Motori će biti smješteni van same konstrukcije, te će ju pogoniti putem zubčaste letve, koja će biti smještena na konstrukciji.

Odabir motora

- proračun odabira motora vršimo prema [8], od str. 67 – str. 70

Ukupna masa konstrukcije: $m_{uk} = 5400 \text{ kg}$ - očitano s 3D modela

Odabrani kotač: $D = 250 \text{ mm}$

Potrebna snaga

$$P_v = \frac{F_v \cdot v}{\eta} = \frac{400 \cdot 0,3}{0,95} \approx 126 \text{ W}$$

$F_v = W_v = 400 \text{ N}$ - vučna sila izjednačenja s otporom vožnje, prema [7] str.68

$v = 0,3 \text{ m/s}$ - brzina vožnje

$\eta = 0,95$ - iskoristivost

Sila pokretanja

$$F_p = F_v + \beta_v \cdot m_{uk} \cdot \frac{v}{t_p} = 400 + 1,2 \cdot 5400 \cdot \frac{0,3}{3} \approx 1050 \text{ N}$$

$\beta_v = 1,2$ – faktor sigurnosti od 20%

$t_p = 3 \text{ s}$ - vrijeme pokretanja, prema [7], str. 65, tablica 4.2

Nominalna snaga

$$P_n = \frac{F_n \cdot v}{\eta} = \frac{630 \cdot 0,3}{0,95} \approx 200 \text{ W}$$

$F_n = 0,6 \cdot F_p = 0,6 \cdot 1050 = 630 \text{ N}$ - nominalna sila

Odabrani motor: - iz [9], str.578, br. 430 044 00

$$P = 0,25 \text{ kW}$$

$$n_m = 1350 \text{ min}^{-1}$$

$$J = 0,00035 \text{ kgm}^2$$

$$\omega_m = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi \cdot 1350}{60} \approx 141 \text{ s}^{-1}$$

$$M_n = 1,77 \text{ Nm}$$

- budući da ćemo koristiti dva elektromotora, uvjet nam je da $P > 100 \text{ W}$

Odabir reduktora: - iz [9], str. 547, br. 400 110 20

$$i = 14,8$$

$$M_{n2} = 100 \text{ Nm} - \text{dopušteni moment na izlaznom vratilu}$$

$$P = 1,03 \text{ kW} - \text{dopuštena snaga}$$

$$n_{1max} = 4000 \text{ min}^{-1} - \text{dopuštena brzina ulaznog vratila}$$

Odabir zupčanika i zubčaste letve: - iz [9], str.210, 231, zupčanik: br. 234 015 00

zupčasta letva: br. 244 116 09

$$m = 4 \text{ mm}$$

zupčanik:

$$z = 15 - \text{broj zubi}$$

$$d = 60 \text{ mm} - \text{kinematički promjer}$$

$$d_a = 68 \text{ mm} - \text{diobeni promjer}$$

$$b = 40 \text{ mm} - \text{širina zupčanika}$$

4.1. Provjera brzine vožnje

Ulazni podaci:

$$v = 0,3 \text{ m/s} - \text{tražena brzina vožnje konstrukcije}$$

$$\omega_m = 141 \text{ s}^{-1} - \text{brzina vrtnje motora}$$

$$i = 14,8 - \text{prijenosni odnos reduktora}$$

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\omega_m}{\omega_2} \rightarrow \omega_2 = \frac{\omega_m}{i} = \frac{141}{14,8} \approx 9,5 \text{ s}^{-1} - \text{izlazna brzina na reduktoru}$$

$$v_{st} = \frac{d}{2} \cdot \omega_2 = \frac{0,06}{2} \cdot 9,5 = 0,285 \text{ m/s} - \text{stvarna brzina vožnje}$$

$$v \approx v_{st} \quad \textbf{ZADOVOLJAVA!}$$

4.2. Provjera momenta

- provjera se vrši za jedan motor

$$P_n = 100 \text{ W} - \text{potrebna nominalna snaga}$$

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_2} = \frac{100}{9,5} = 10,5 \text{ Nm} - \text{potrebni nominalni moment}$$

$$M_p = 2 \cdot M_n = 2 \cdot 10,5 = 21 \text{ Nm} - \text{potrebni moment pokretanja}$$

$M_{nm} = 1,77 \text{ Nm}$ - nominalni moment motora

$M_{pm} = 3,54 \text{ Nm}$ - pokretni moment motora

$$M_{pst} = M_{pm} \cdot \eta \cdot i = 3,54 \cdot 0,95 \cdot 14,8 \approx 50 \text{ Nm} > M_p \quad \text{ZADOVOLJAVA!}$$

$$M_{nst} = 25 \text{ Nm} > M_n \quad \text{ZADOVOLJAVA!}$$

4.3. Provjera zupčanika

Materijal: C 45

$\sigma_{fdop} = 200 \text{ N/mm}^2$ - dopušteno naprezanja na savijanje, prema [10], str. 67

$\sigma_{Hdop} = 590 \text{ N/mm}^2$ - dopušteno naprezanje na Hertz-ov pritisak, prema [10], str. 67

Kontrola naprezanja na savijanje u korjenu zuba

$$\sigma_{F1} = \frac{F_t}{b \cdot m} \cdot Y_{F1} \cdot Y_\epsilon \cdot K_{F\alpha1} \leq \sigma_{fdop}$$

$$F_t = \frac{2 \cdot M_{pst}}{d} = \frac{2 \cdot 50}{0,06} \approx 1700 \text{ N} - \text{obodna sila na zupčaniku}$$

$Y_{F1} = 3,25$ - faktor oblika zupčanika, prema [10], str. 72, dijagram 5

$$Y_\epsilon = \frac{1}{\epsilon_\alpha} = \frac{1}{1,75} = 0,57 - \text{faktor učešća opterećenja}$$

$\epsilon_\alpha = 1,75$ - izračun prema [11], str. 39

$K_{F\alpha1} = 1$ - faktor raspodjele opterećenja

$$\sigma_{F1} = \frac{1700}{40 \cdot 4} \cdot 3,25 \cdot 0,57 \cdot 1 \approx 20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{fdop} = 200 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{ZADOVOLJAVA!}$$

Kontrola čvrstoće boka zupčanika

$$\sigma_H = Z_M \cdot Z_H \cdot Z_\epsilon \sqrt{\frac{u+1}{u} \cdot \frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot K_{H\alpha}} \leq \sigma_{HP}$$

$Z_M = 189,5 \sqrt{\text{N/mm}^2}$ - faktor utjecaja materijala, [10], str. 71, tablica 37

$Z_H = 2,5$ - faktor oblika boka, [10], str. 73, dijagram 7

$Z_\epsilon \approx 1$ - faktor utjecaja stupnja prekrivanja

$K_{H\alpha} \approx 1$ - faktor raspodjele opterećenja

$$\sigma_H = 189,5 \cdot 2,5 \cdot 1 \sqrt{1 \cdot \frac{1700}{40 \cdot 60} \cdot 1} \approx 400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{Hdop} = 590 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{ZADOVOLJAVA!}$$

6. Zaštita na radu

- prije puštanja u rad treba provjeriti ispravnost električnih instalacija stroja, te pregledati je li stroj ispravno montiran, posebno obratiti pozornost na mjesta spojeva
- uočene neispravnosti ili oštećenja odmah prijaviti odgovornoj osobi
- ne raditi nikakve radnje popravka ili podmazivanja dok je stroj u pogonu
- stroj prilikom pokretanja ne smije biti natovaren
- paziti da prilikom pokretanja nekoga ne ugrozite
- posebnu pozornost posvetiti rotirajućim djelovima stroja
- ne pokrećite i ne zaustavljajte stroj rukom ili djelovima tjela
- zaustavljeni stroj osigurati od nenadanog pokretanja
- otvorenu jamu zaštititi zaštitnom ogradom
- paziti na dozvoljenu nosivost stroja

Literatura:

- [1] A. Šoda, K. Ormuž, G. Šagi: Predavanja „Motorna vozila“, 2011.-2012.
- [2] S. Timoshenko : Teorija ploča i ljsaka , Građevinska knjiga, Beograd 1962.
- [3] I. Alfirević: Linearna analiza konstrukcija, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb 2003.
- [4] B. Kraut: Strojarski priručnik, Sajema d.o.o., Zagreb 2009.
- [5] D. Ščap: Transportni uređaji, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb 2004.
- [6] www.skf.com
- [7] K. Decker: Elementi strojeva, Golden Marketing - Tehnička knjiga, Zagreb 2006.
- [8] D. Ščap: Prenosila i dizala: Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb 1990.
- [9] MADLER katalog, 2011.
- [10] M. Opalić, P. Rakamarić: Reduktor, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb 2001.
- [11] E. Oberšmit: Ozubljena i zupčanici, SNL, Zagreb 1982.

1

2

3

4

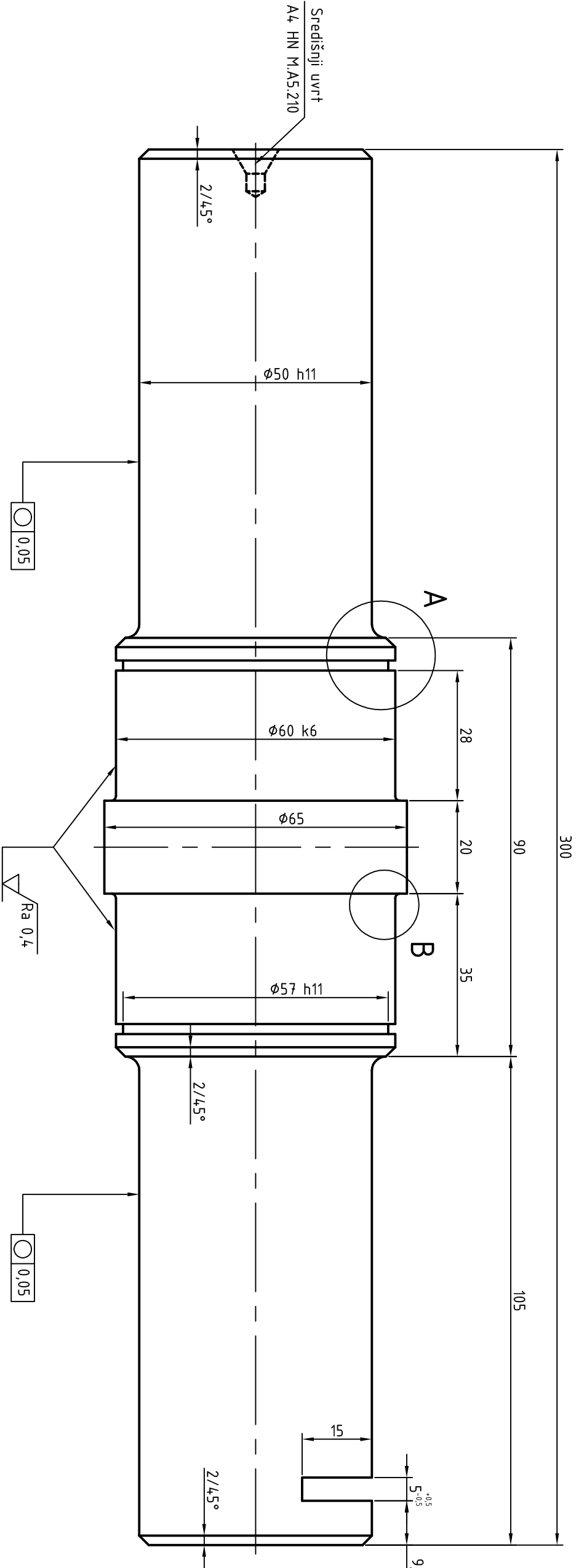
5

6

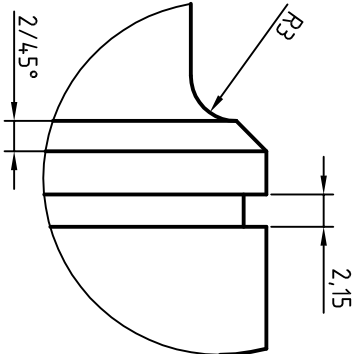
7

8

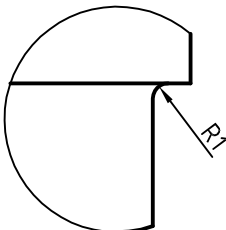
$\sqrt{Ra\ 6,3}$ ($\sqrt{Ra\ 0,4}$)




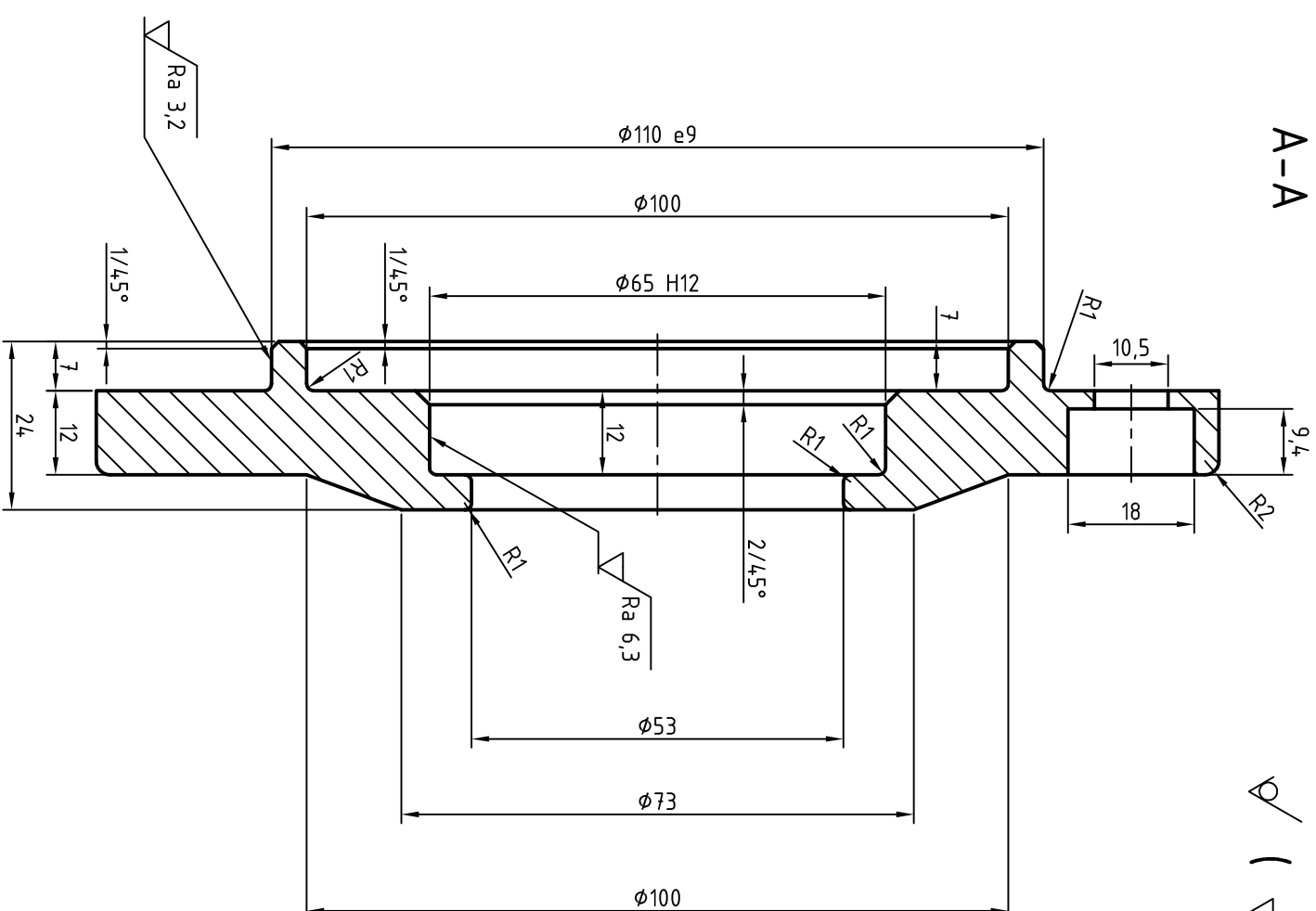
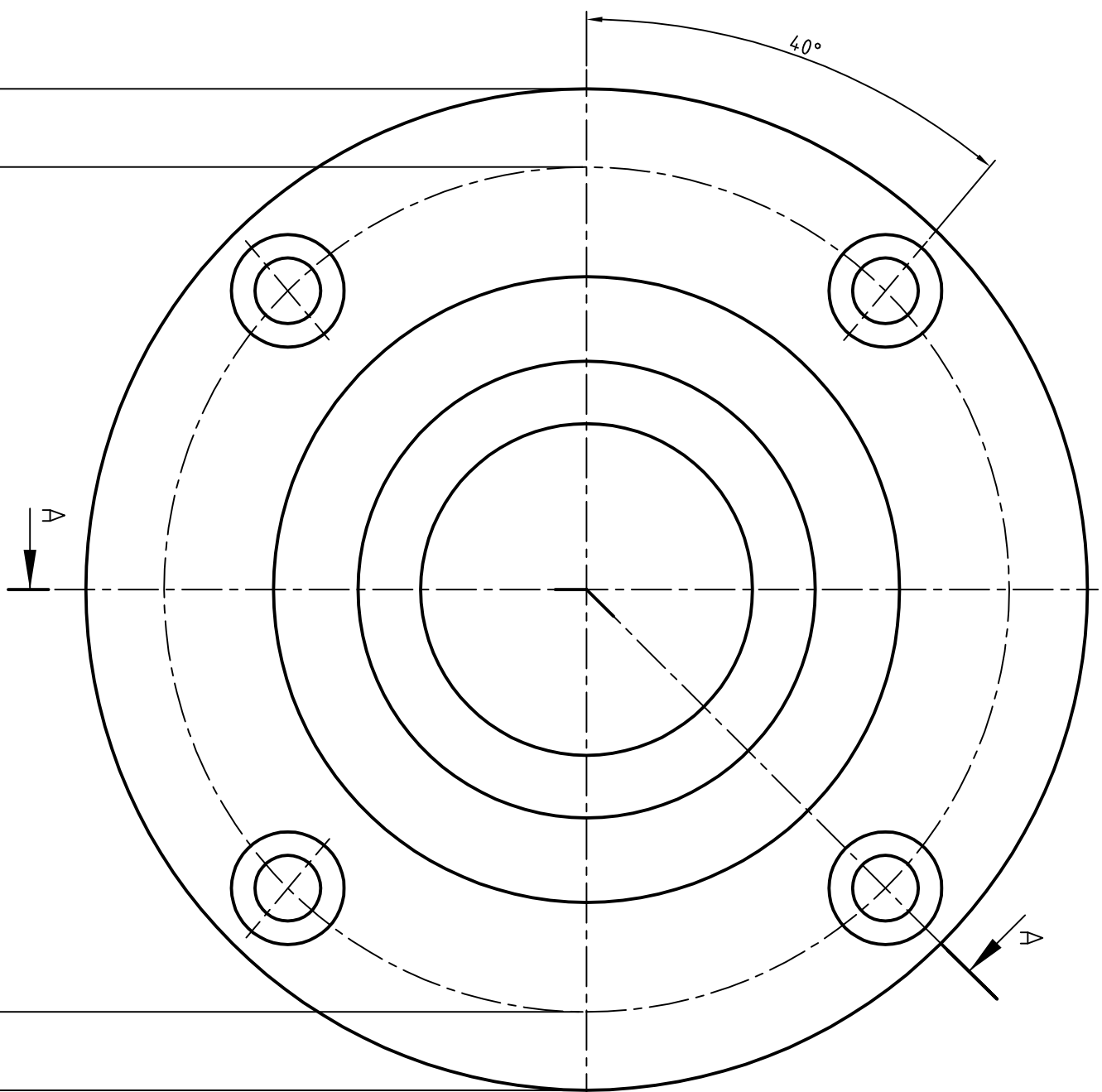
A (2:1)



B (2:1)




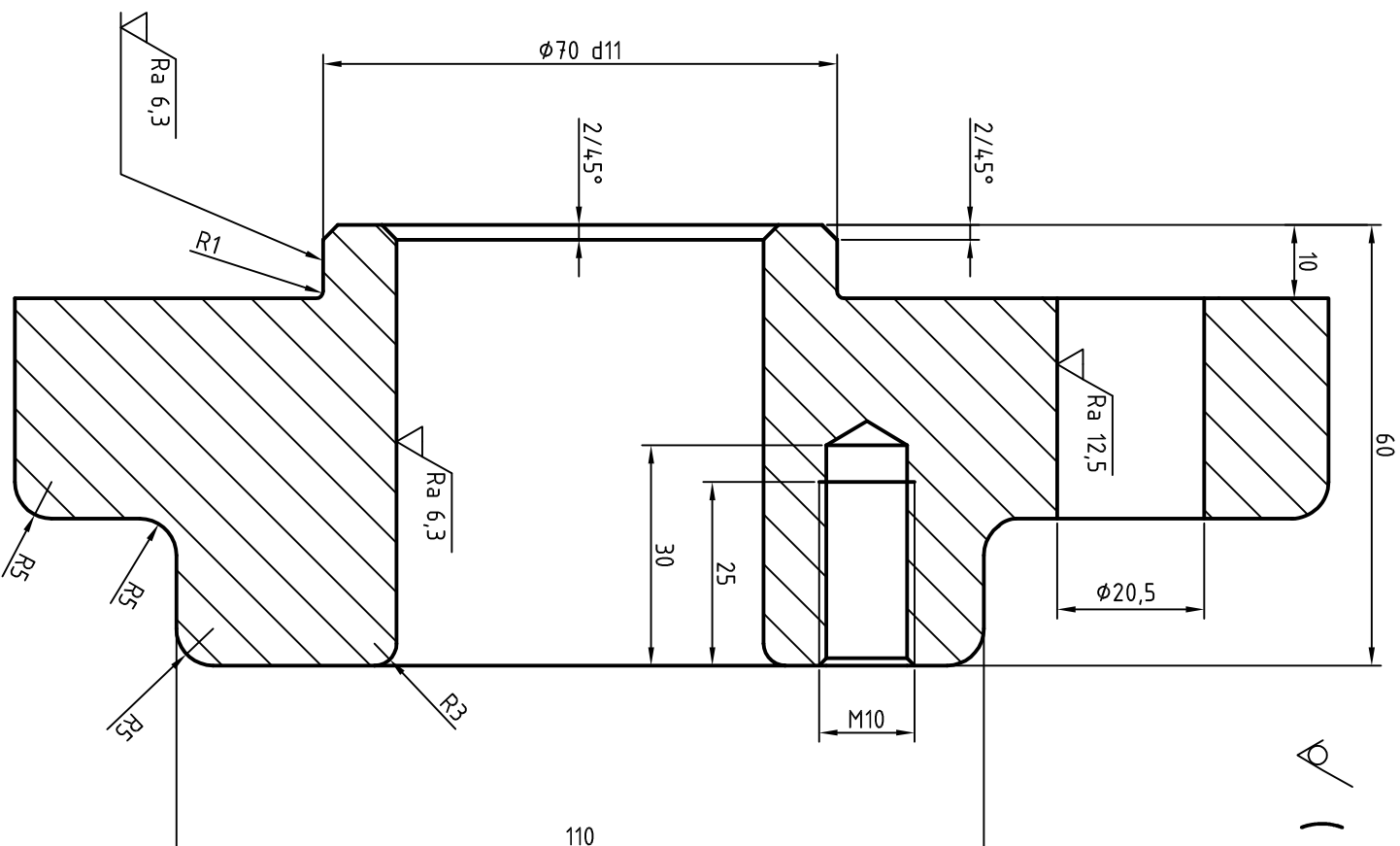
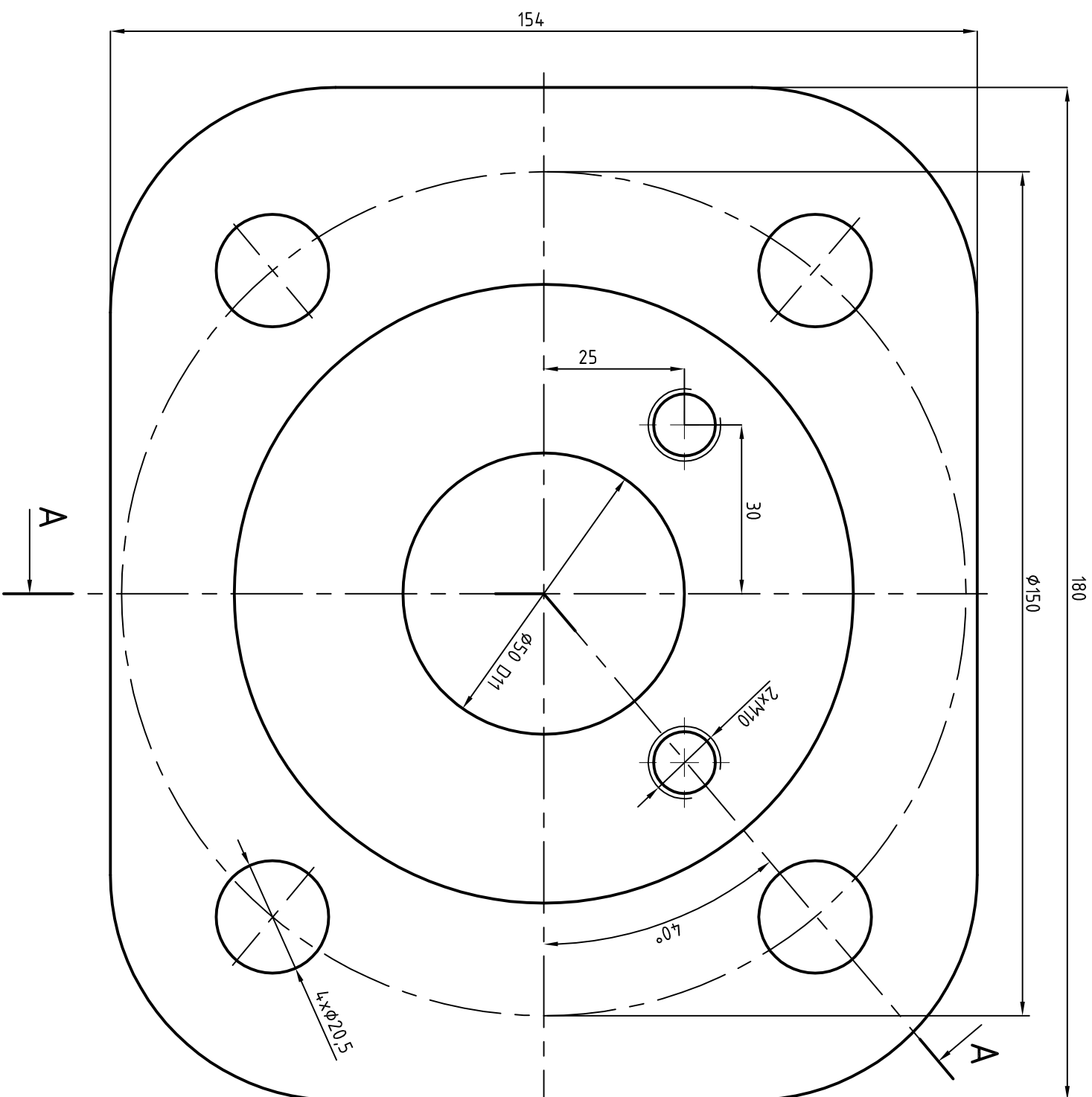
Broj naziva – code		0035173213		<div><div></div><div>FSB Zagreb</div></div> <div>Studij strojarstva</div>							
		Projektirao				Datum		Ime i prezime		Potpis	
		Razradio				5.2.2012.		Tomislav Mihalj			
		Crtao				5.2.2012.		Tomislav Mihalj			
Pregledao				Doc.dr.sc. Milan Kostelac							
Mentor				Doc.dr.sc. Milan Kostelac							
ISO – tolerancije				Objekt:		Objekt broj:					
ø50 h11		0		R. N. broj:		Kopija					
		-0,160									
		0									
ø57 h11		-0,190		Smjer:		Konstrukcijski					
ø60 k6		+0,021		Materijal:		S 355 J		Masa: 5,4		ZAVRŠNI RAD	
		+0,002									
				Naziv:		VRA TILO KOTA ČA					
				Mjerilo originala		Pozicija:		9			
		1:1		Crtež broj:		12-2-9		List: 2			




A-A

$$\angle \left(\sqrt{\text{Ra } 3,2}, \sqrt{\text{Ra } 6,3} \right)$$

Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis	
0035173213		4.2.2012.		Tomislav Mihajlić			
		4.2.2012.		Tomislav Mihajlić			
		4.2.2012.		Tomislav Mihajlić			
				Doc.dr.sc. Milan Kostelac			
		Mentor		Doc.dr.sc. Milan Kostelac			
ISO - tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		Studij strojarstva	
Ø65 H12		+0,300		R. N. broj:			
		0				Kopija	
Ø110 e9		-0,072		Napomena:			
		-0,159					
		Materijal:		S 235 J		Masa: 2	
						ZAVRŠNI RAD	
				Naziv:		Pozicija:	
							
		Mjerilo originala		1:1		PRIRUBNICA	
						11	
				Crtež broj:		12-2-11	
						List: 3	



Broj naziva – code		Datum		Ime i prezime		Potpis	
0035173213		7.2.2012.		Tomislav Mihaj			
Projektirao		7.2.2012.		Tomislav Mihaj			
Razradio		7.2.2012.		Tomislav Mihaj			
Crtao		7.2.2012.		Tomislav Mihaj			
Pregledao				Doc.dr.sc. Milan Kostelac			
Mentor				Doc.dr.sc. Milan Kostelac			
ISO – tolerancije		Objekt:		Objekt broj:		Studij strojarstva	
ø50 D11		+0,240		R. N. broj:		Kopija	
		+0,080					
		+0,100					
ø70 d11		+0,290					
		Materijal:		S 235 J		Masa: 7	
						ZAVRŠNI RAD	
		Naziv:				Pozicija:	
							
		Mjerilo originala		1:1		Nosáč kotáča	
						13	
						Format: A3	
						Listova: 10	
						List: 4	

1

2

3

4

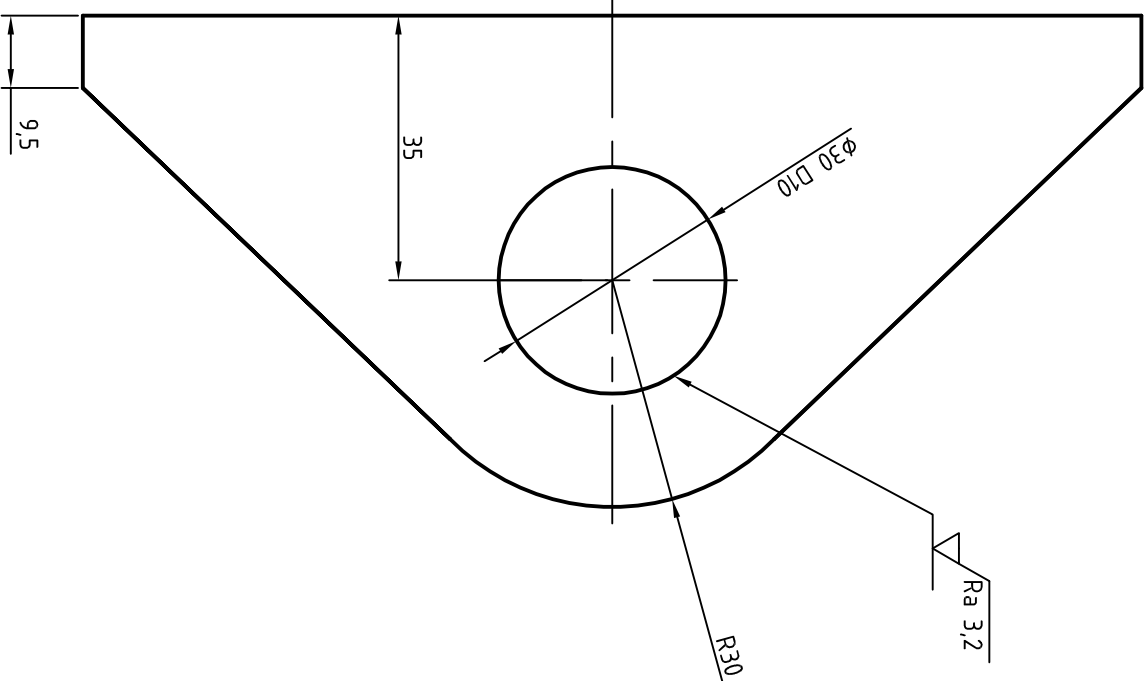
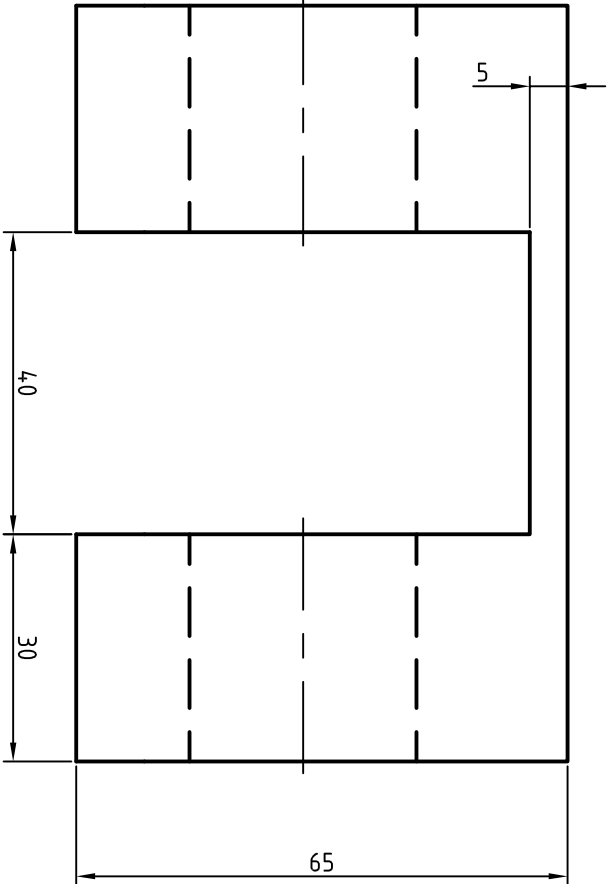
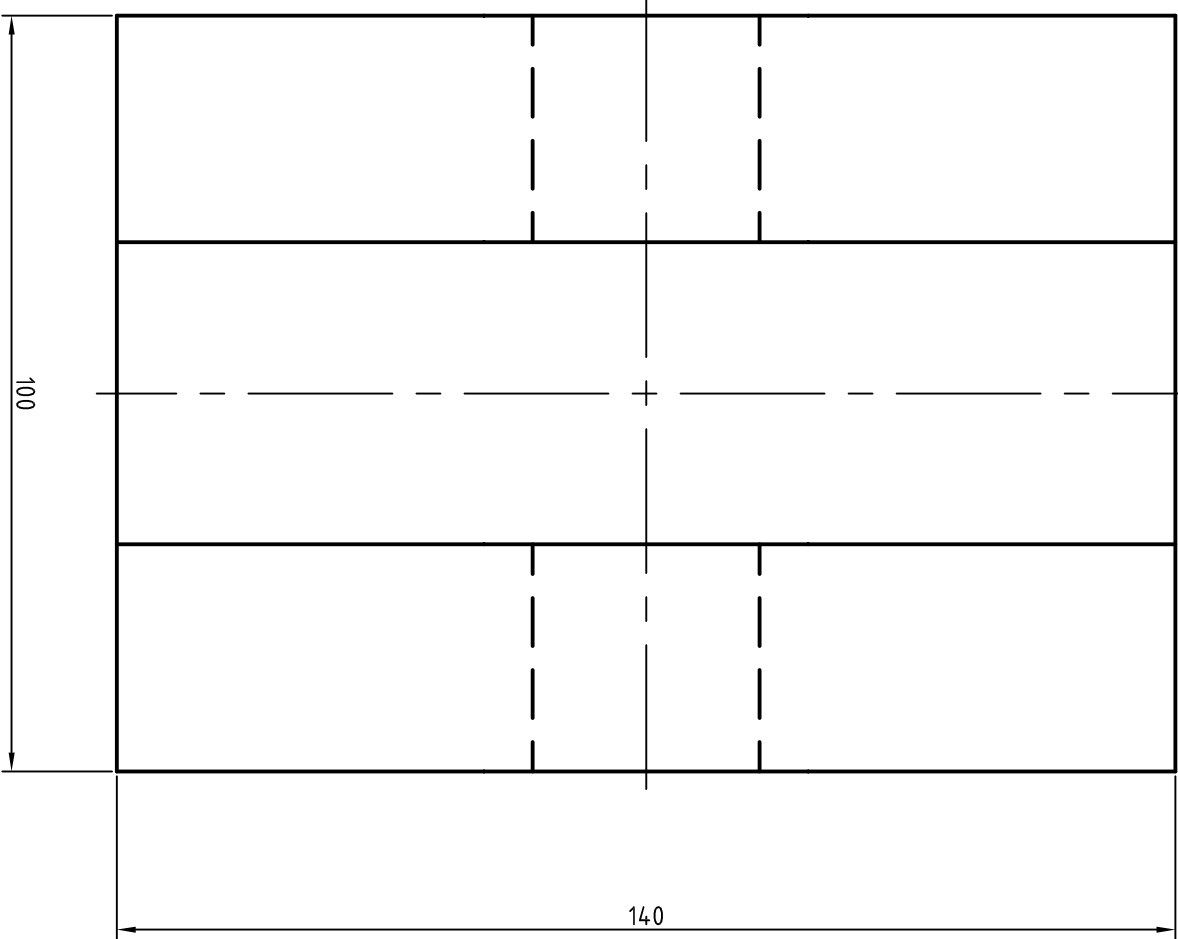
5

6

7


8

✓ (✓ Ra 3,2)



Design by CADLab

Broj naziva – code		Datum		Ime i prezime		Potpis	
0035173213		4.2.2012.		Tomislav Mihalj			
		4.2.2012.		Tomislav Mihalj			
		4.2.2012.		Tomislav Mihalj			
Pregledao		Doc.dr.sc. Milan Kostelac					
Mentor		Doc.dr.sc. Milan Kostelac					
Objekt:				Objekt broj:			
ISO – tolerancije				R. N. broj:			
Ø30 D10							
+0,149							
+0,065							
Napomena:				Smjer:		Kopija	
				Konstrukcijski			
Materijal:		S 235 J		Masa: 2,8 kg		ZAVRŠNI RAD	
Mjerilo originala		Naziv:		Pozicija:		Format: A3	
1:1				6		Listova: 10	
Crtež broj:		12-2-6		List:		5	

**FSB Zagreb**
Studij strojarstva

1

2

3

4

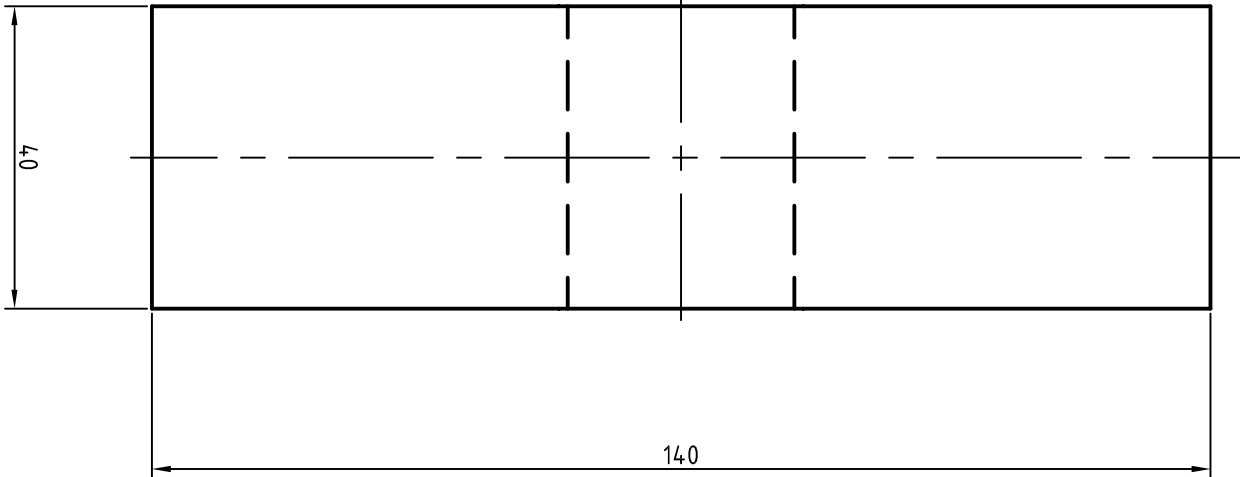
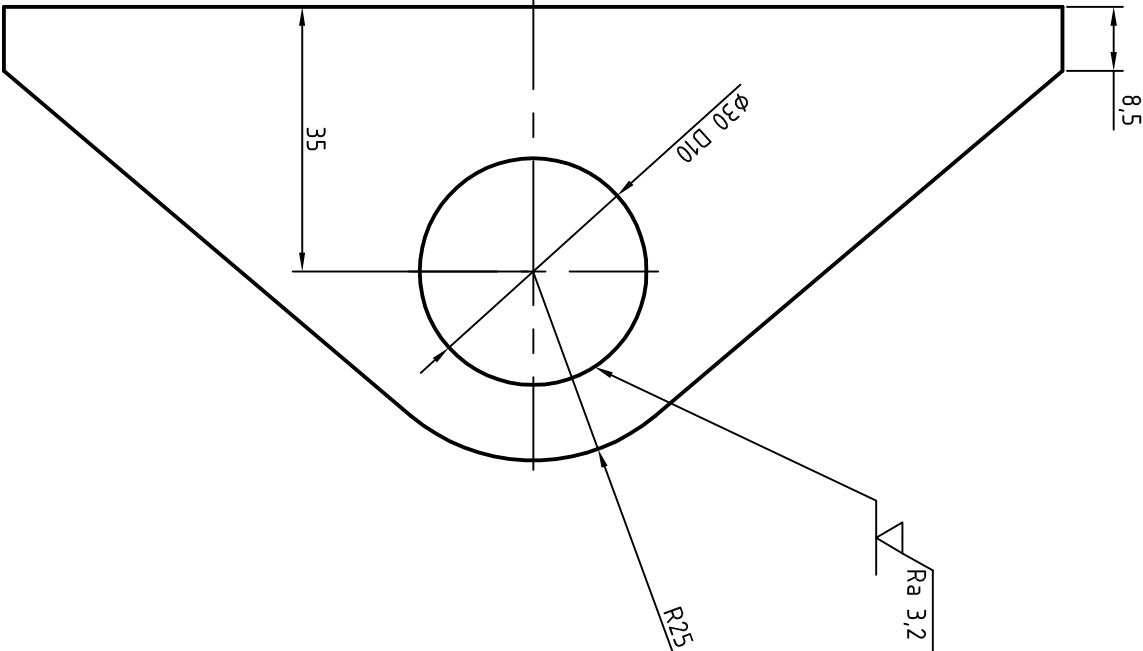
5

6

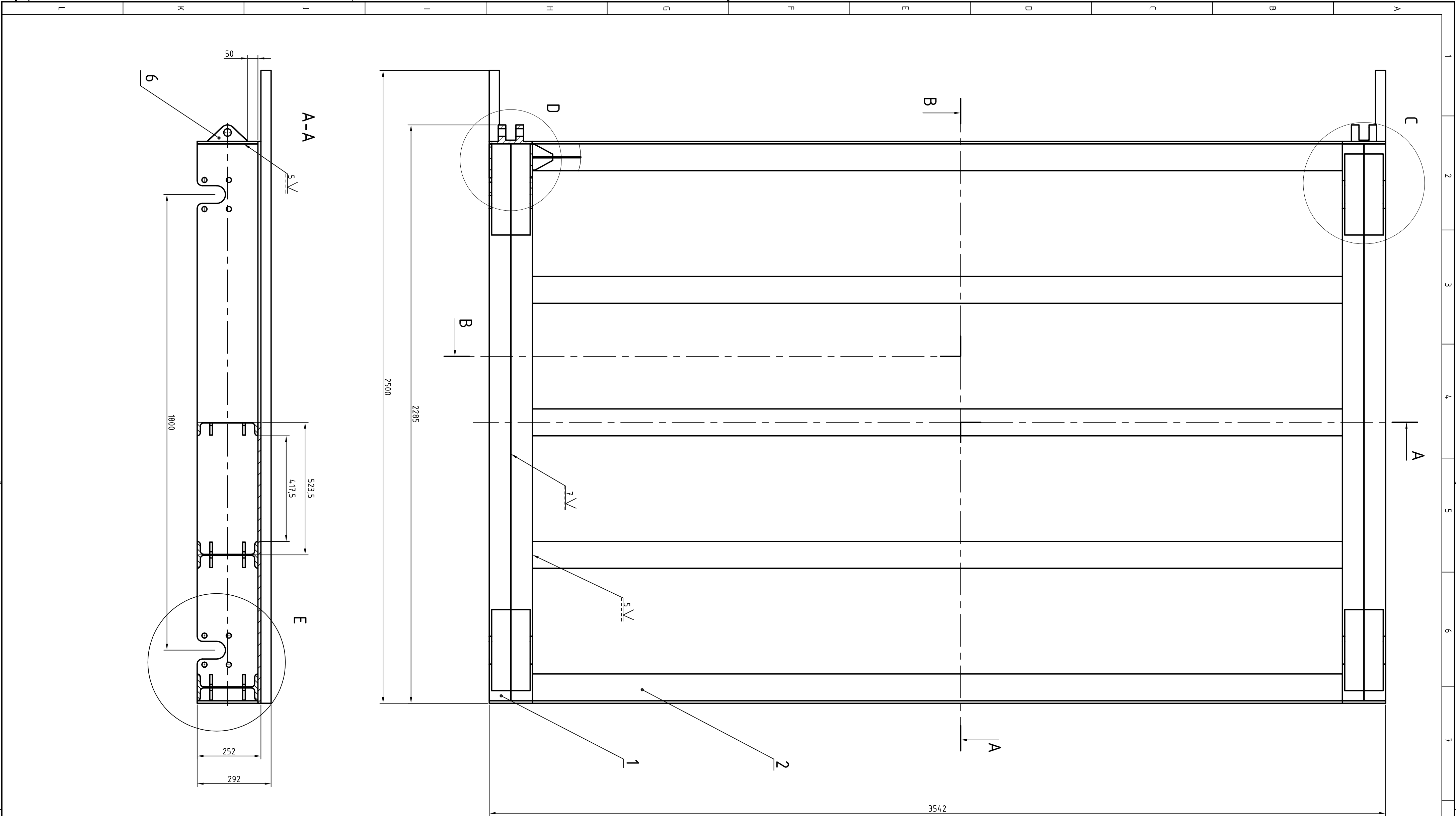
7

8

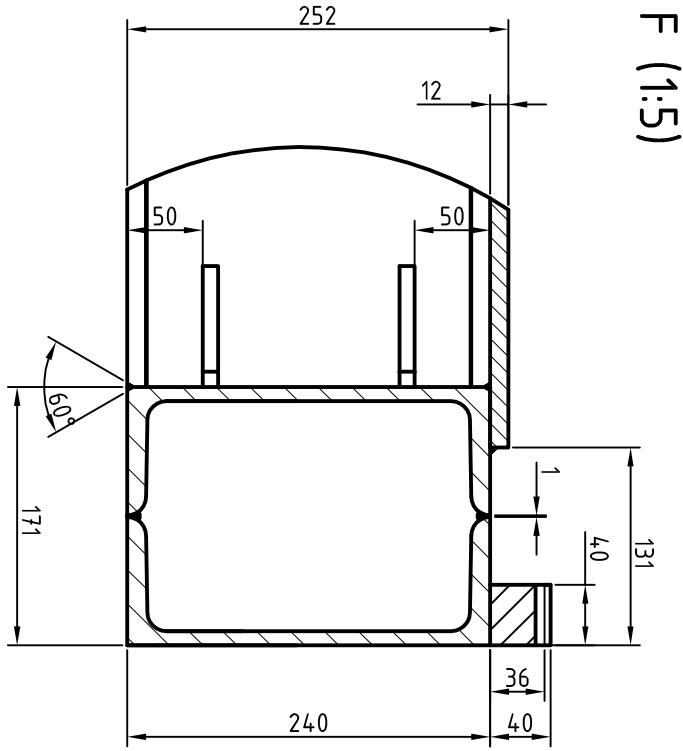
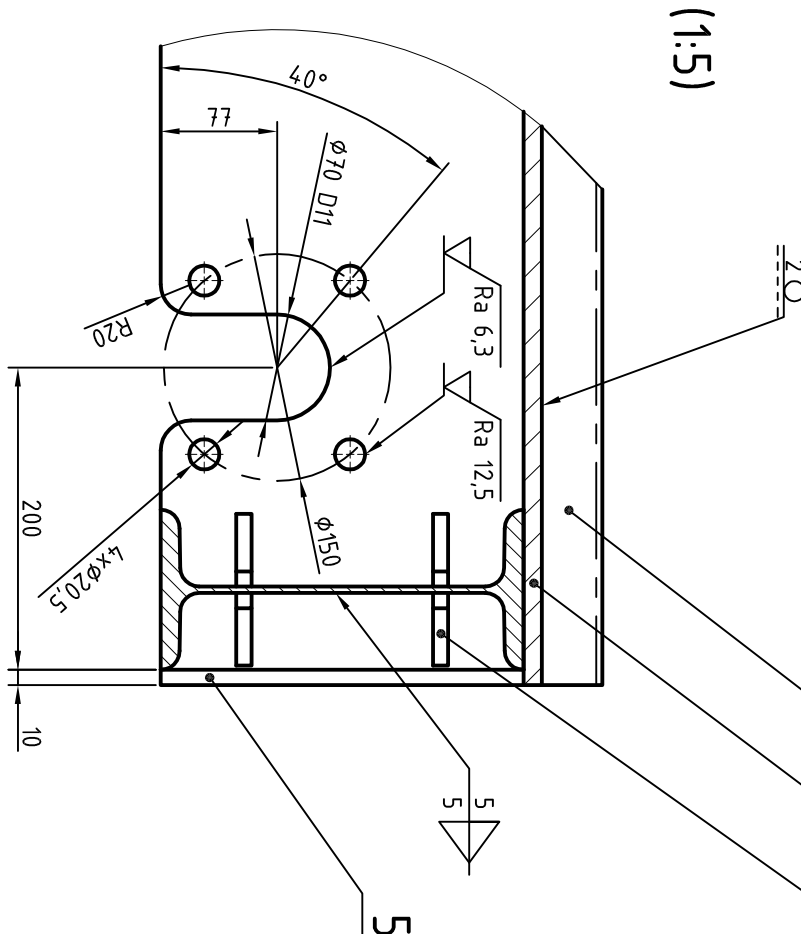
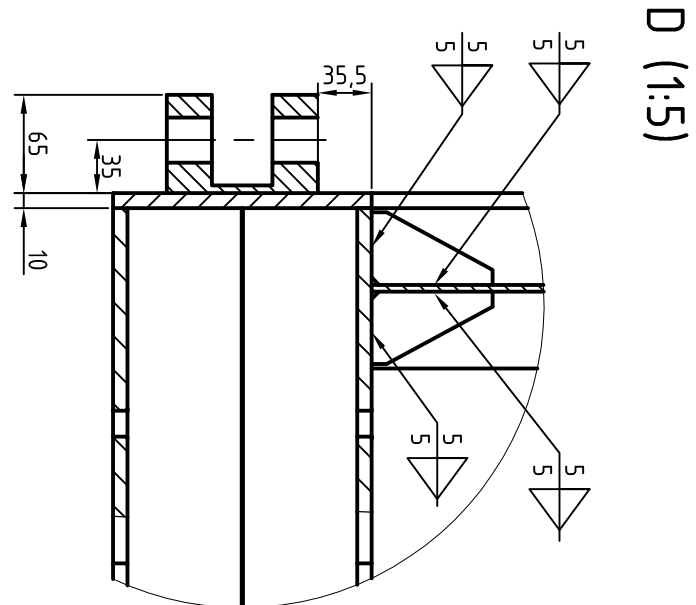
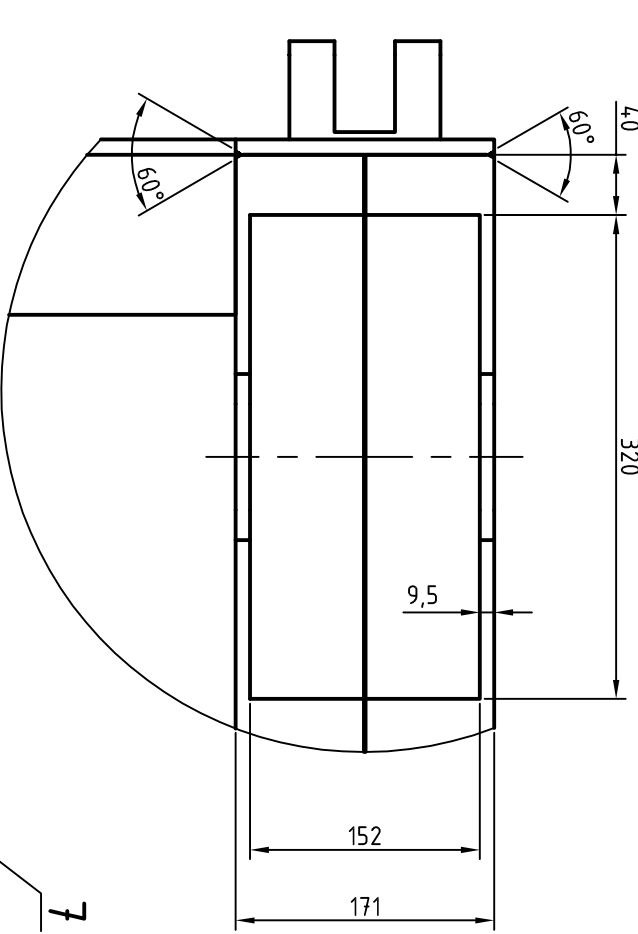
✓ (✓_{Ra 3,2})



A		B		C		D		E		F					
1		2		3		4		5		6		7		8	
0035173213															
ISO - tolerancije															
Ø30 D10															
+0,149															
+0,065															
Napomena:															
Materijal: S 235 J															
Masa: 1,6 kg															
ZAVRŠNI RAD															
Kopija															
Smjer: Konstrukcijski															
Objekt broj:															
R. N. broj:															
Objekt broj:															
Projekтирао 4.2.2012. Томислав Минајић															
Разрадио 4.2.2012. Томислав Минајић															
Цртао 4.2.2012. Томислав Минајић															
Пregledao Doc.dr.sc. Мilan Kostelac															
Mentor Doc.dr.sc. Мilan Kostelac															
FSB Zagreb															
Студиј strojarstva															
Naziv:															
Mjerilo originala															
1:1															
Crtež broj:															
12-2-7															
List: 6															



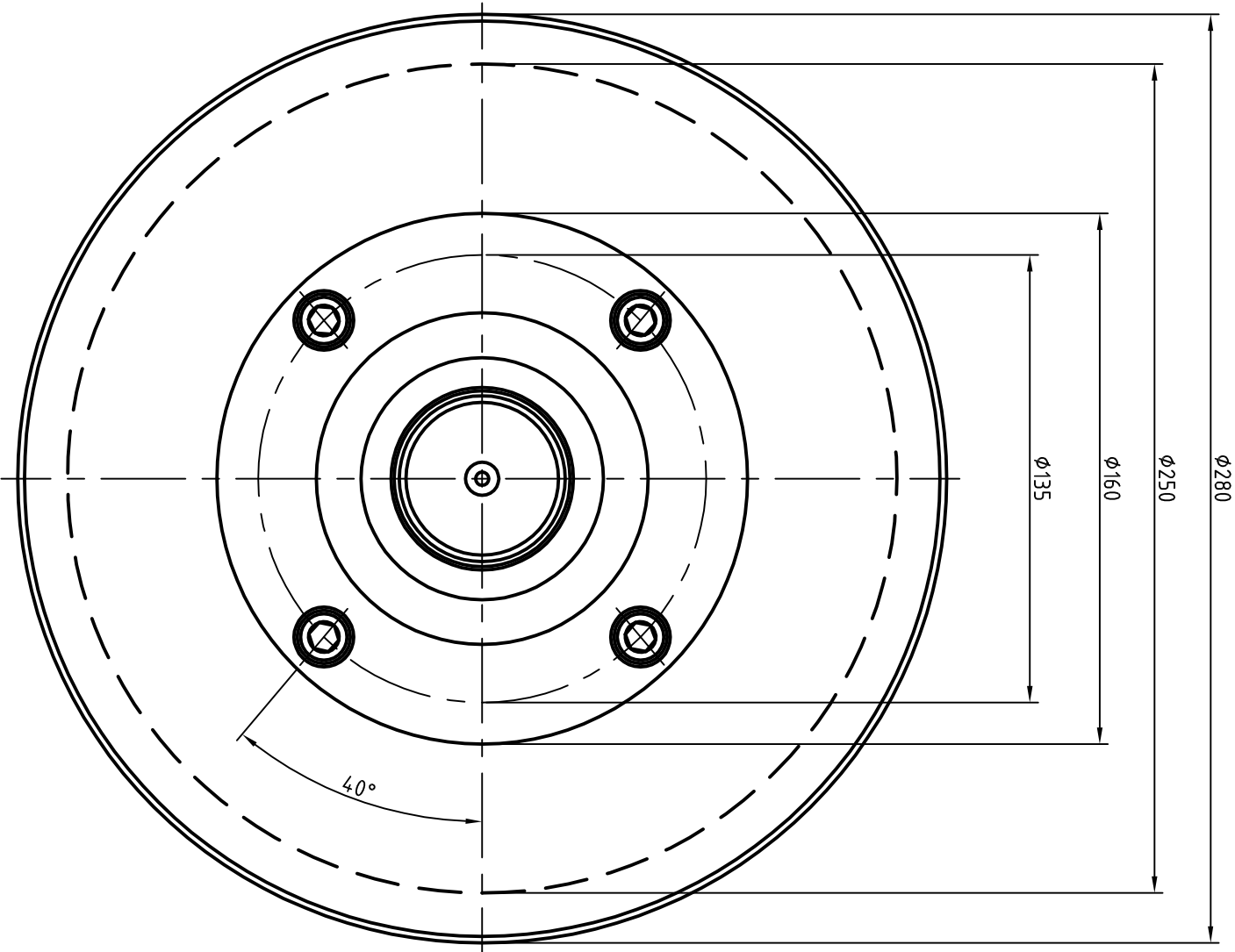
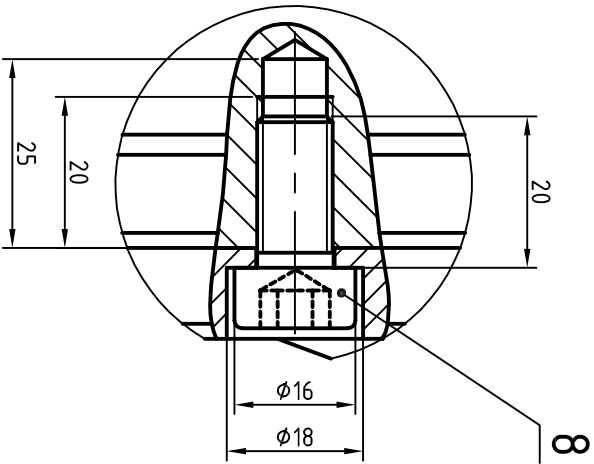
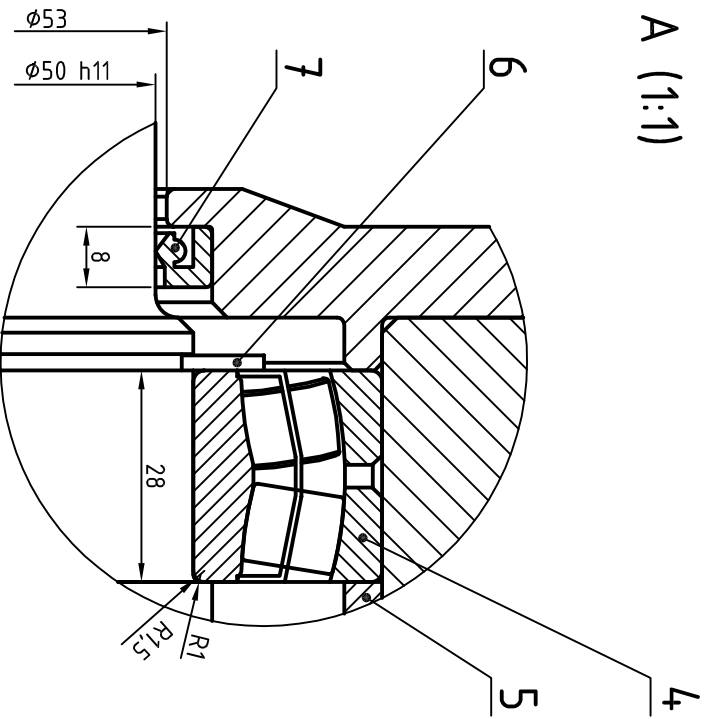
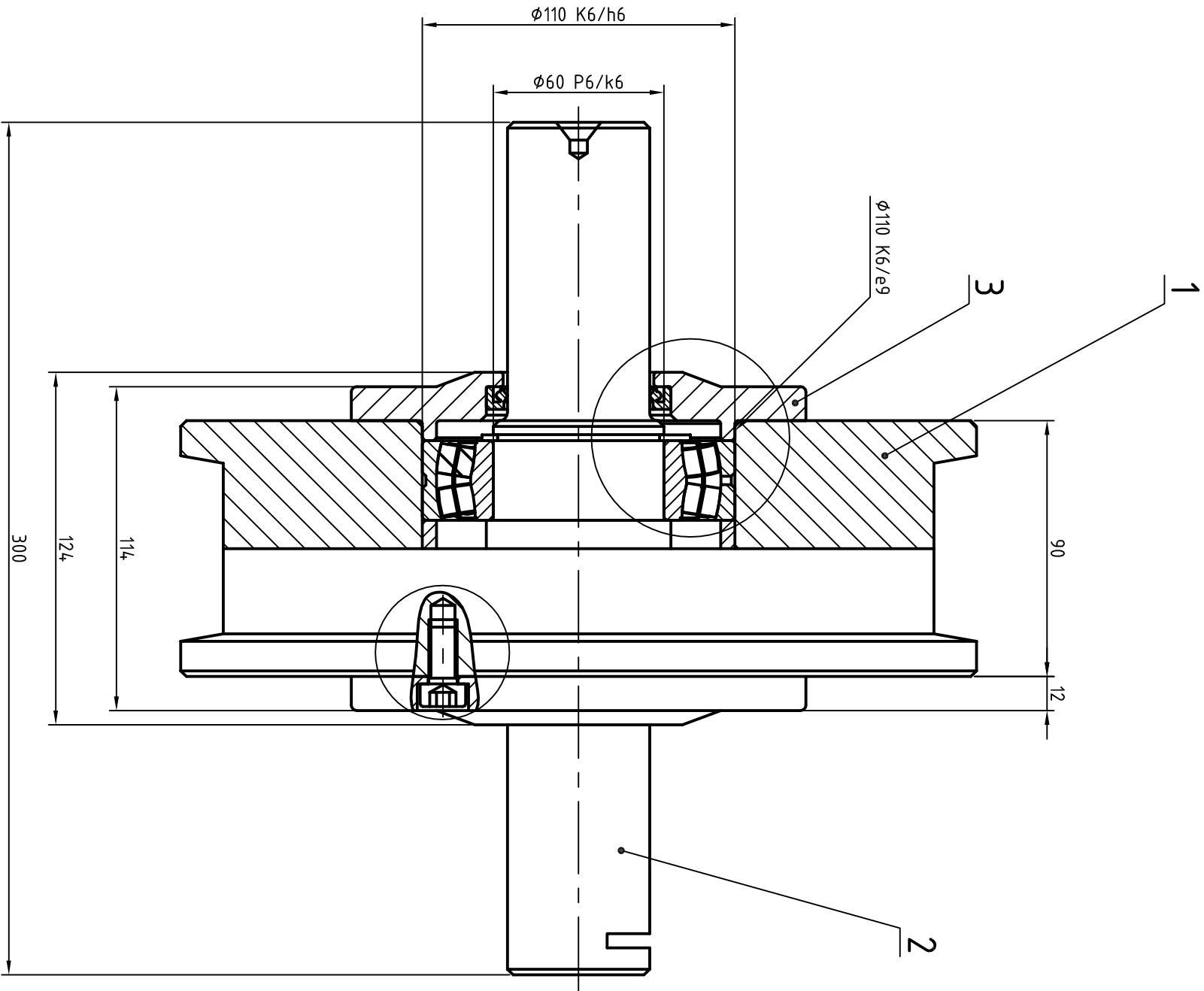
Napomena:
- prije zavarivanja površine koje se zavaruju obrusiti
- zavarivanje I-profila za UNP-profil: gornja i donja strana se zavaruje V-zavarom, a ostali rubovi kutnim zavarom
- zurečasta leva se zavaruje za UNP profil s točkastim zavarom



7	Zurečasta leva	1	244, 116 09	CL3	40X40X2500	15,7
6	Prizvali stihci	2	12-2-6	S 235 J	160x65x100	2,8
5	Bočna pločica	2	12-2-5	S 235 J	111x240x10	3,2
4	Dodatni nosač za I profil	40	12-2-3	S 235 J	48x80x10	0,2
3	Ploča	1	12-2-4	S 235 J	220x320x12	700
2	I 240	5	DIN 1025:1995-05	S 235 J	240x106x3200	122
1	UNP 240	4	DIN 1026:1963-10	S 235 J	240x85x2200	68
Poz	Naziv dijela	Kom	Crtež broj	Norma	Proizvođač	Masa
Broj naziva - code						
Projektirao 4.2.2012. Tomislav Mihajlić						
Nacrtao 4.2.2012. Tomislav Mihajlić						
Provjerao 4.2.2012. Tomislav Mihajlić						
Kontrola 4.2.2012. Tomislav Mihajlić						
ISO - tolerancije						
Ø10 D11						
-0,250						
-0,100						
Napomena:						
Smjer: Konstrukcijski						
Materijal: Masa: 1617 kg						
Krajnji okvir						
ZAVRŠNI RAD						
Prozračak						
Format: A1						
15						
Lisniva: 10						
1:10						
Crtež broj: 12-2-15						
Lisn 7						



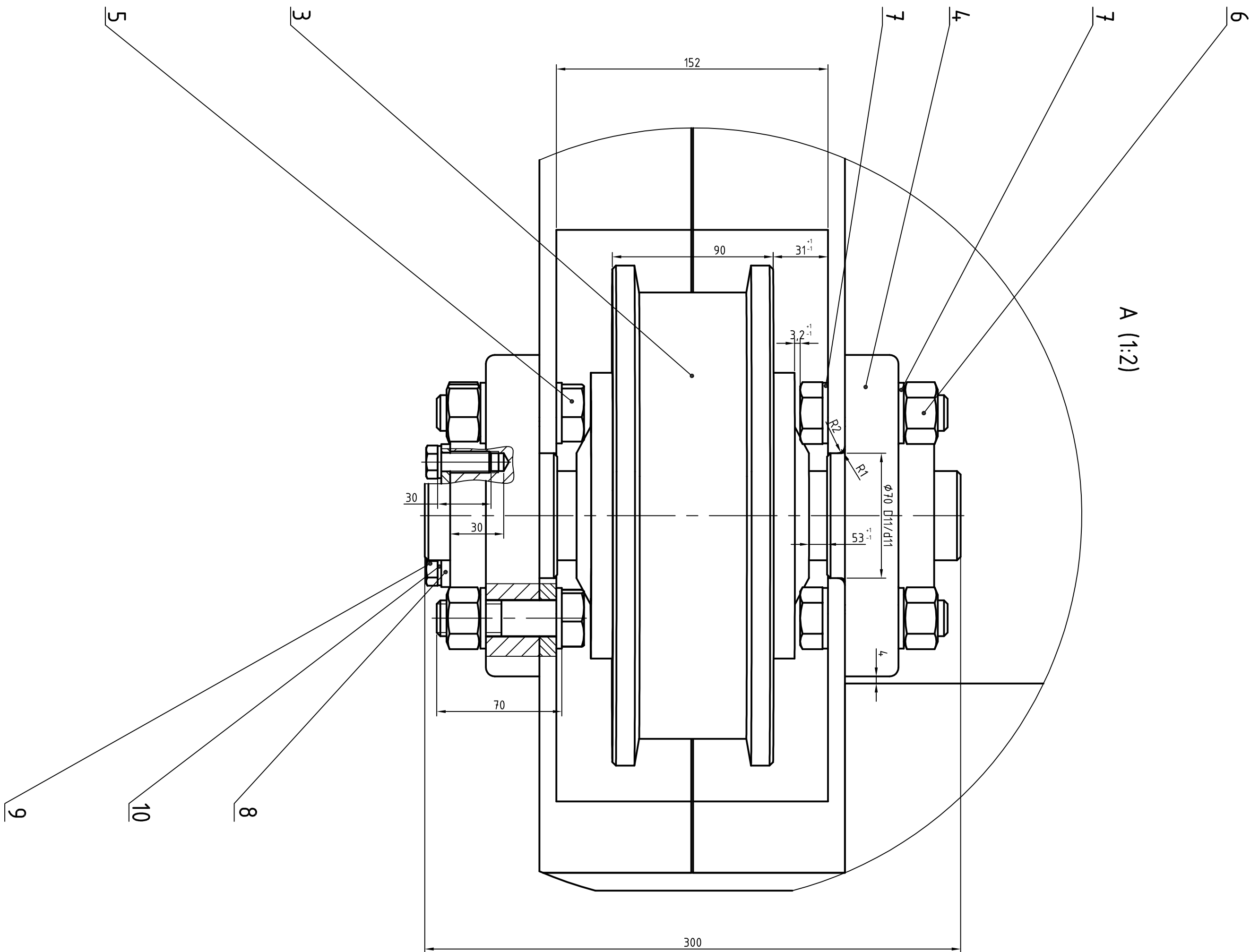
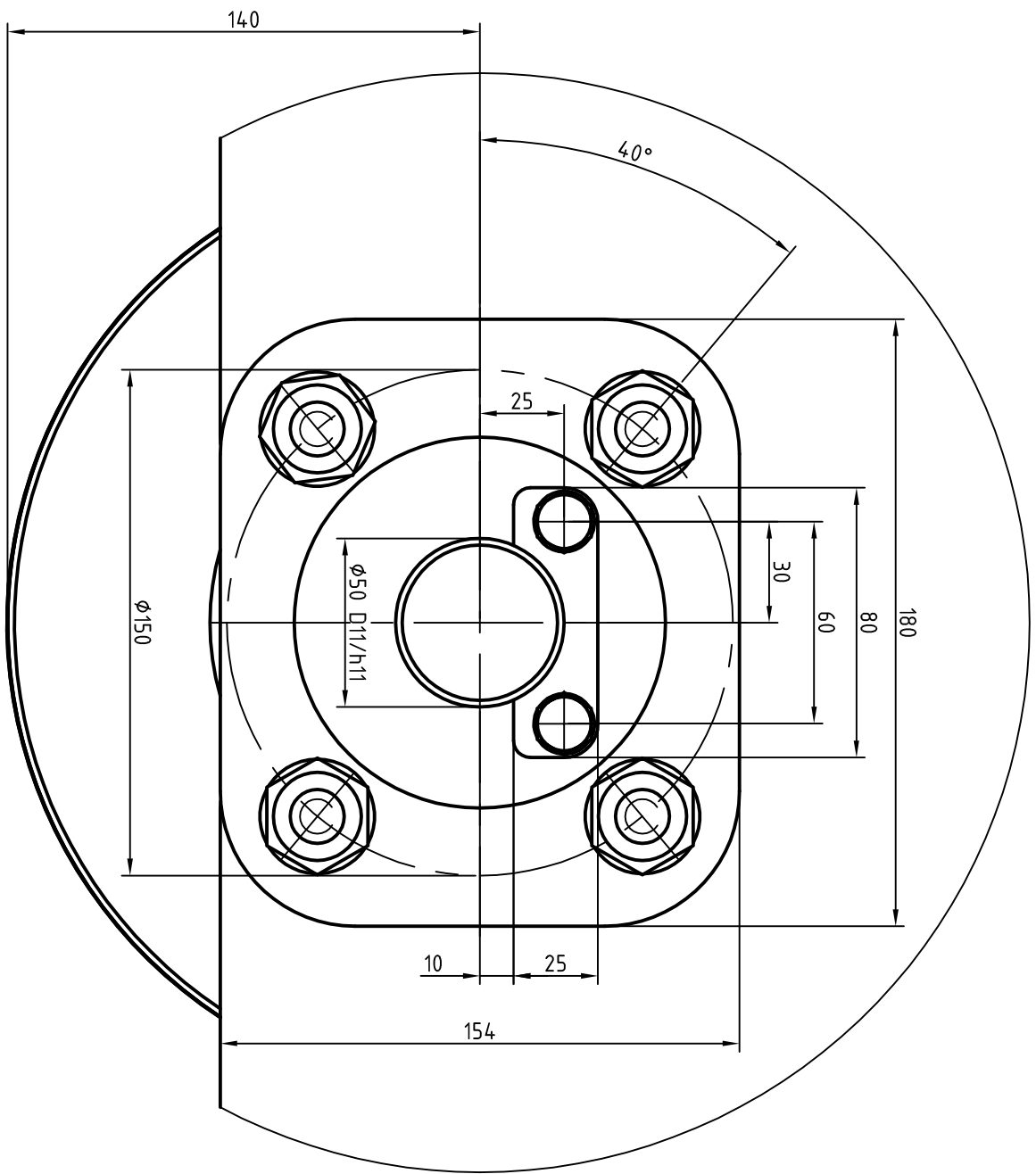
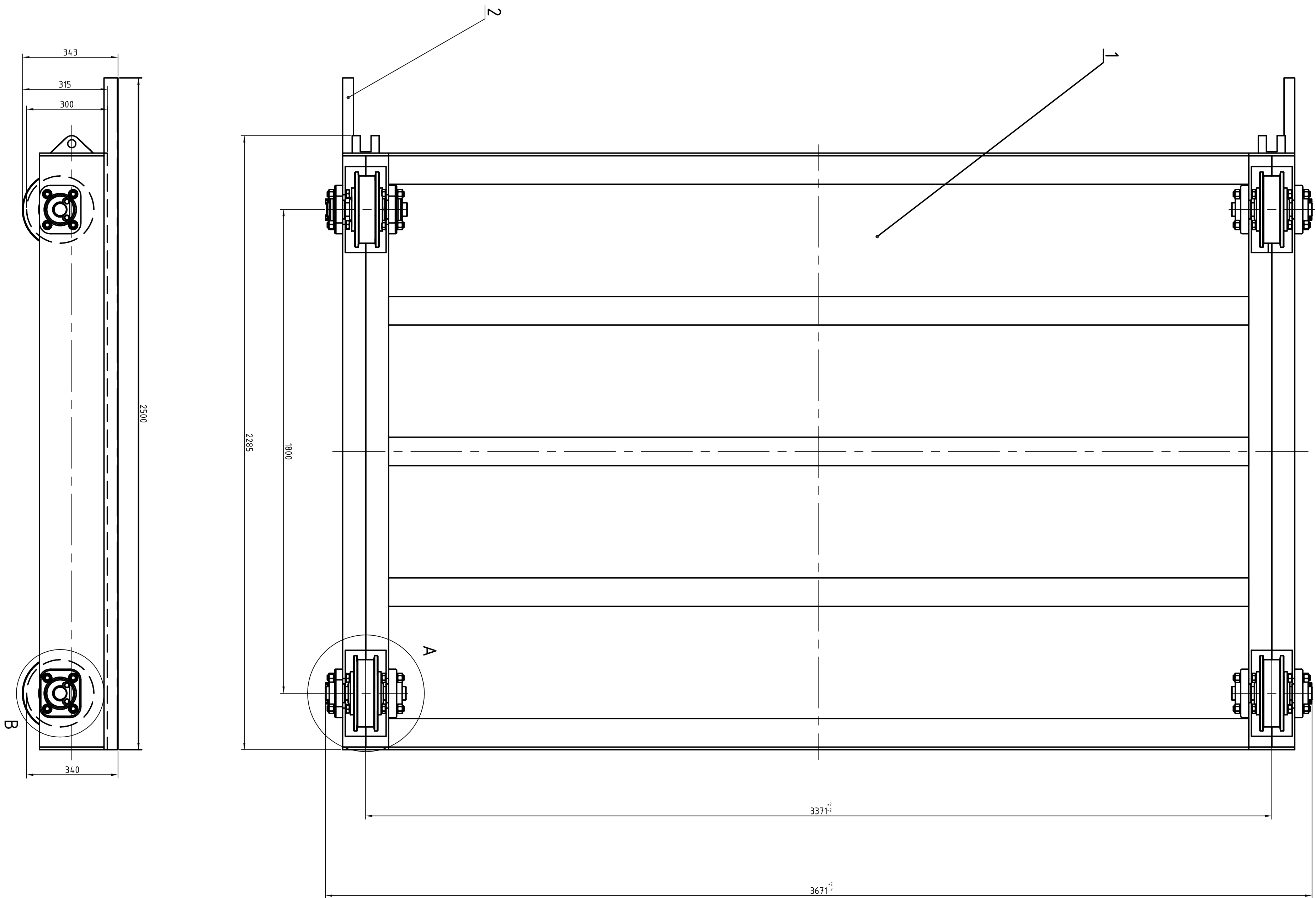
FSB Zagreb
Strukturno inženjering
i izvođenje



8	Vijak M10	8	HRN MB1.120	6,9	ø10x25	
7	Brtveni prsten	2	DIN 3760			
6	Seeger	2	HN MC2.401			
5	Distanтни прстен	1	12-2-10	S 235 J	ø110x26	
4	Ležaj N 22212 E	2			ø110x22	
3	Prirubnica	2	12-2-11	S 235 J	ø160x30	2
2	Vratilo	1	12-2-9	S 355 J	ø65x300	5,4
1	Kotač	1	12-2-8	C45	ø280x90	31
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač
Broj naziva - code		Ime i prezime		Potpis		
0035173213		Projektirao	6.2.2012.	Tomislav Mihaj		
		Razradio	6.2.2012.	Tomislav Mihaj		
		Crtao	6.2.2012.	Tomislav Mihaj		
		Pregledao		Doc.dr.sc. Milan Kostelac		
		Mentor		Doc.dr.sc. Milan Kostelac		
ISO - tolerancije		Objekt broj:				
ø50 h11		0		R. N. broj:		
ø60 P6/k6		-0,024 -0,066 +0,026 -0,018		Napomena:		
ø110 K6/h6		-0,018		Materijal:		
				Masa: 40		
				ZAVRŠNI RAD		
				Smjer: Konstrukcijski		
				Pozicija:		
				17		
				Format: A2		
				Listova: 10		
				List: 8		

FSB Zagreb

Studij strojarstva

[illegible]

